

***Měření parametrů DVB-T vysílání v jednofrekvenční síti
SFN a návrh řešení pro STA ve vybraných problémových
lokalitách***

*Measurement of Parameters of the DVB-T Broadcast in Single Frequency Network and
Design Solutions for the STA in Selected Problem Areas*

ZADÁNÍ diplomové práce

Student: **Bc. Petr Glössl**
Studijní program: **N2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **2612T015 Elektronika**

**Téma: Měření parametrů DVB-T vysílání v jednofrekvenční síti SFN
a návrh řešení pro STA ve vybraných problémových lokalitách**

**Measurement of Parameters of the DVB-T Broadcast in Single Frequency
Network and Design Solutions for the STA in Selected Problem Areas**

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te teoretický rozbor vysílacího standardu DVB-T a srovnajte ho s analogovým vysíláním z hlediska použitých modulací, výkonů a využití kmitočtového spektra.
2. Specifikujte a vysvětlete nežádoucí jev zvaný jako „pre-echo” a navrhnete řešení vedoucí k potlačení tohoto jevu.
3. Ve vybraných lokalitách s potenciálním výskytem „pre-echa” proved'te měření impulsní odezvy s dostupnými typy kanálových i širokopásmových UHF antén.
4. Na základě změřených dat zvolte konkrétní řešení pro jednotlivé lokality včetně návrhu potřebných aktivních i pasivních prvků TKR.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího závěrečné práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Sládeček, Ph.D.**

Datum zadání: 19. 11. 2010

Datum odevzdání: 06. 05. 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 5. května 2011

Podpis studenta.....

Poděkování

Rád bych poděkoval za cenné rady a odborné vedení Ing. Václavu Sládečkovi, Ph. D. a Českému telekomunikačnímu úřadu za spolupráci v rámci měření parametrů ve zvolených lokalitách.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá seznámením s digitalizací signálu. Tento systém je označován rovněž jako DVB-T, který se zavádí jako novinka do každé domácnosti. V souvislosti s normou zvanou DVB-T je vysledován parazitní jev zvaný jako „pre-echo”, který má nežádoucí vlivy na příjem digitálního signálu buď v rodinných či panelových domech. Tento jev má tendenci u některých digitálních přijímačů zvaných SET-TOP BOX „kostičkovat“, což vede k neustálému tlaku uživatelů na výrobce pro zkvalitnění služeb digitálního příjmu. Cílem mé diplomové práce bylo zmapovat lokality a pomocí výsledků měření navrhnout optimální řešení k potlačení „pre-echa” ve vybraných lokalitách.

Abstract

This thesis introduces into with signal digitalization area. System is also called DVB-T and has been implemented into every household. Together with implementation of this system spurious signal called „pre-echo „has occurred. It has very bad influence on signal interception in family or prefabricated houses. On some digital receivers which are called SET-TOP-BOX the „pre-echo „effect tends to make screen cube patterns. Customers push on receiver producers for „pre-echo „effect mitigation and service improvement. This thesis is to map few localities digital and with help of signal measuring results try to offer proposal for optimal treatment of „pre-echo „effect in those chosen localities.

Klíčová slova

DVB-T, „Pre-echo”, SET-TOP-BOX, Digitalizace signálu, Multiplexování, MPEG

Key words

DVB-T, „Pre-echo”, SET-TOP-BOX, Signal digitalization, Multiplexing, MPEG

Seznam použitých zkratk

DVB-T	- (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) standard televizního vysílání
STA	- Společné televizní antény (zkratka pro použití v panelových domech)
TKR	- Televizní kabelový rozvod
SFN	- jednofrekvenční síť (několik vysílačů vysílají naprosto stejný obsah)
AM	- amplitudová modulace
FM	- frekvenční modulace
RGB	- barevný model červená-zelená-modrá
PAL	- jeden ze standardů kódování barevného signálu pro televizní vysílání
SECAM	- první systém pro barevnou televizi pro Francii vyvinutý v roce 1956
TV	- televize
VF	- vysokofrekvenční signál
QPSK	- kvadrurní fázová modulace
QAM	- kvadrurní amplitudová modulace
PAM	- pulsně amplitudová modulace
Pre-echo	- porušení ochranného intervalu
CRT	- obrazovka uzavřená do skleněné baňky s fosforeskujícím stínítkem
HDTV	- (High-definition-television) formát vysílání s výrazně vyšším rozlišením
NTSC	- jeden ze standardů kódování analogového signálu v USA
Multiplex	- balíček programů vysílaný v jednom kanálu
VHF	- velmi krátké vlny (přenos rozhlasového a rádiového signálu) 174 až 230 Mhz
UHF	- televizní pásmo IV, V 470 až 960 MHz
LDTV	- rozlišovací schopnost vysílání velmi malá
SDTV	- standardní schopnost vysílání pro CRT televizory
Parabola	- (Parabolická anténa) odráží přijímaný signál do svého ohniska, ve kterém je přijímač (vnější jednotka LNB-konvertor). Čím je větší plocha paraboly, tím silnější signál bude přijímačem v jejím ohnisku detekován.
Konvertor	- Low-noise block converter (LNB, LNC, "satelitní konvertor") Zařízení umístěné v ohnisku satelitní antény (paraboly), přijímající signál z družice zesiluje a převádí jej na nižší kmitočet. Takto konvertovaný signál je koaxiálním kabelem přiveden do satelitního přijímače, který jej dále demoduluje a zpracovává.
Přijímač DVB-T	- zařízení schopno přijímat pozemní digitální vysílání, označované také jako set-top-box
OFDM	- (ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením) je to širokopásmová modulace, kvadrurní fázová modulace
MPEG-2	- standardní formát pro uložení a přenos na DVD nebo při distribuci digitálního signálu DVB-T
JPEG	- standardní metoda používaná pro ukládání počítačových obrázků v reálné podobě
DCT	- diskrétní kosinová transformace, je používána při zpracování signálu a obrazu ve formátu JPEG
DCPM	- diferenční pulzní kódová, použití při rozlišení identických snímků
GOP	- skupina snímků

FDM	- frekvenční multiplex, oddělení vysílání odlišných stanic
DAB	- digitální rádio
ICI	- mezosní interference, vzniká při překrytí frekvenční oblasti
FSK	- frekvenční modulace odpovídá FM modulaci
TDM	- časový multiplex, je princip přenosu více signálů jedním přenosovým médiem
DFT	- diskrétní Fourierova transformace
ČTÚ	- český telekomunikační úřad

Obsah

Úvod	1
Historie	2
1 Teoretický rozbor standardu DVB-T	3
1.1 – Analogové vysílání	3
1.2 – Digitální vysílání DVB-T	11
1.2.1 – Přenos DVB-T signálu	12
1.2.2 – Multiplexování v DVB-T, OFDM, C-OFDM. Modulace	17
1.3 – Srovnání analogového a digitálního vysílání DVB-T	20
2 Jev známý jako „Pre-echo”	23
2.1 – Architektura SFN	25
2.2 – Potlačení jevu „Pre-echo”	25
3 Výběr lokalit s potenciálním výskytem „pre-cha”	26
3.1 – Mapy pokrytí jednotlivých vysílačů v Moravskoslezském kraji	28
3.2 – Specifické místa lokalit s výskytem „pre-cha” a jejich terénní profil s údaji a souřadnicemi při změření impulsní odezvy jednotlivých zvolených UHF antén	37
4 Řešení a výběr vhodných aktivních a pasivních prvků při měření a odstranění „pre-cha” při použitých UHF anténách v jednotlivých místech měření	58
Závěr	59
Seznam obrázků	60
Seznam použité literatury	62
Přílohy	63

Úvod

Ideálem každé domácnosti je mít pohodlí, a to nejen v životních okamžicích v rodinném kruhu, ale rovněž i při zábavě, která spočívá se sledováním televizních přijímačů. Není pravidlem, že každý uživatel má již digitální přijímač zabudovaný ve svém novém televizoru, proto je nejlépe po domluvě s montážníkem zakoupit vhodný SET-TOP-BOX. To ovšem není ještě zdárným krokem k bezproblémovému příjmu digitálního vysílání. Málomnozí účastníci je obeznámeni s jeho anténním rozvodem a klamy médií jsou někdy kritické, jelikož účastník nedokáže pochopit situaci, kdy není možno na jeho stávající anténní systém připojit digitální zařízení. Pro každého uživatele je nejlépe se poradit s montážníkem, který je schopen zajistit nový anténní systém pro zpřístupnění digitálního vysílání. Situace pokrytí digitálního signálu v Moravskoslezském kraji je velice rozpačitá, a to nejen z důvodů pokrytí a změny vysílacích výkonů vysílačů, ale rovněž s nestabilitou signálu, kdy se několikrát opakovala situace, že nebyl potvrzen výpadek vysílače a uživatelé hledají nějakou odpověď či vysvětlení, proč na jejich digitálních přijímačích nehraje jejich oblíbený pořad. Vzniklý problém zatěžuje linky na Českých Radiokomunikacích, protože uživatelé chtějí okamžité vysvětlení. Opravdu nenalézám slov k pokrytí digitálních vysílačů v našem kraji, jinde takové problémy nemají. Přejdeme k samotným službám digitálního vysílání, které je v těchto okamžicích velice pestré, proto je odpuštěno veškeré „ale“, jelikož škála digitálních programů je velice pestrá a každý účastník může být spokojen. Mezi nejvíce vhodně pokrytých vysílačů patří především dvojice Hošťálkovice a Hladnov, které svými parametry dosahují pokrytí v míře jejich výkonu. Jako alternativou pokrytí, která je v domácnostech využitá pro větší počet pořadů a větší programovou nabídku, je takzvaná norma DVB-S, což je satelitní vysílání, které s pomocí parabolické antény a konvertoru dovede tento satelitní signál až k uživateli, který si může v nabídce poskytovatelů vybrat ze skupiny UPC, SKYLINK, CS-LINK. Jelikož je tato cesta někdy opravdu velice finančně náročná, je reálnější použití digitálních pozemních vysílačů.

Historie

Svět:

První pokusy o televizní vysílání byly uskutečněny na území USA v roce 1923 průkopníkem přenosu obrazů pomocí elektronek. O osm let později již byly spuštěny experimentální TV stanice a v roce **1939 se začala hromadná výroba televizorů**. V tom samém roce několik set stálých televizních diváků New Yorku a okolí na svých televizorech vidělo slavnostní otevření světové výstavy, kterou otevíral tehdejší americký prezident USA Franklin Delano Roosevelt.

V roce 1941 v předvečer Pearl Harbouru, stanice WNBT (dnešní NBC) – člen National Broadcasting Corporation – odvysílala první TV reklamu. V roce 1946 bylo v amerických domácnostech na **6400 televizorů**.

1948 – již milion majitelů TV přijímačů a více než 60 vysílacích stanic.

1949 – 2 miliony TV přijímačů

1950 – 6 milionů TV přijímačů a 106 TV stanic v 64 městech, na povolení čekalo více než 300 dalších kandidátů na vysílací licenci.

1955 – již 31 milionů vlastníků TV

1962 – 48 milionů domácností

Česko a Slovensko:

1953 – adaptace rozhledny na Petříně v Praze pro první televizní vysílač. Studio v Měšťanské besedě bylo vybaveno dvěma prototypovými studiovými kamerami se snímacími elektronkami, superikonoskopem čs. výroby a jedním 35 mm snímačem sovětské výroby.

1955 – výstavba druhého TV vysílače Ostrava Hošťálkovice. První vůz čs. televize uveden do provozu.

1958 – retranslační spojení tří studií Praha – Ostrava – Bratislava.

1960 – spuštění dabingového studia v Bratislavě

1964 – spuštění koaxiálního spojení Moskva – Katowice – Praha - Berlín

1967 – spuštění magnetických záznamových zařízení (Praha, Bratislava)

1970 – spuštěno barevné vysílání v systému SECAM (celá ČSSR)

1974 – zkušební provoz čs. pozemní stanice družicových spojů, radiokomunikačního střediska

1977 – spuštění výpočetního střediska na Kavčích horách

1990 – plný přechod na barevný systém PAL, výrazný zásah politiky

1999 – první pilotní projekt vysílání digitální pozemské televize na Slovensku (Bratislava), byl vůbec první projekt DVB-T v krajinách střední Evropy. Projekt se neujal kvůli nezájmu tehdejší politické scény.

2000 – spuštění prvních pilotních projektů DVB-T v ČR (Praha, Brno)

2004 – vypsané další dva projekty DVB-T (Bratislava, Banská Bystrica + Zvolen, Košice + Prešov)

2006 – příprava projektu pro celoplošné vysílání DVB-T v SR

2012 – dokončení digitalizace televizního vysílání v celé SR.[1]

1 Teoretický rozbor standardu DVB-T

1.1 – Analogové vysílání

Části přenosové cesty:

Kabelové vedení – na menší vzdálenosti, využití v průmyslové televizi.

Na větší a velké vzdálenosti se TV přenos uskutečňuje pochopitelně pomocí elektromagnetického vlnění. Časový průběh nosného vysokofrekvenčního signálu se ovlivňuje modulačním obrazovým signálem dodávaným například TV kamerou, který se zpracovává ve studiu nebo přenosovém voze. Pak následuje řídicí uzlová stanice a odtud na televizní vysílač. Elektromagnetické vlnění se šíří k přijímacím anténám, které jej převádějí na elektrický signál.

Na stínítku obrazovky pak vzniká zdánlivě celistvý barevný obraz na základě součtového mísení barev od třech druhů (RGB) světélkujících miniaturních zdrojů, jejichž jas se mění podle průběhu televizního signálu. Ovlivňování neboli modulace nosného VF signálu může být u analogové televize amplitudové (AM), frekvenční (FM).[2]

Podstata analogového TV přenosu:

Pro televizní přenos využíváme především setrvační vlastnosti lidského oka, které dovolují vnímat dílčí podněty jako celek, probíhají-li dostatečně rychle za sebou. Proto se v televizním snímáčním zařízení nehybný nebo pohyblivý obraz rozloží na velký počet bodů o různém jasu ve třech základních barvách.

Podle toho zda je obrazový element velmi jasný, různě středně jasný nebo tmavý, vzniká na každém ze tří výstupů snímáčního zařízení elektrické napětí různé velikosti. Např. pro málo černou plošku vznikne na všech třech výstupech napětí 0,01V, a pro malou bílou plošku napětí 0,75V. Tato polarita pak může být kladná nebo záporná.

Při černobílém obrazu dodává barevná kamera na všech svých třech výstupech stejný časový průběh napětí, neboť každé ze tří různobarevných snímáčních zařízení má přibližně stejnou spektrální citlivost, odpovídající průběhům trojbarevných činitelů r_e , g_e , b_e pro základní barevná světla obrazovky. Velké množství obrazových bodů se v kameře snímá v řádcích za sebou, jejich určitý počet vytvoří pak jeden snímek. Rozkladu obrazu odpovídá na každém výstupu snímáčního zařízení určitý průběh střídavého napětí. Rozklad celé plochy se stále opakuje a získává se tak časově proměnný napěťový signál. Výstupní signál představuje spojitou analogovou hodnotu (skutečnou velikost napětí ve voltech), kde velikosti napětí v určitém okamžiku odpovídá určitý světlý nebo tmavý bod určité barvy snímané scény. Tomu současně má odpovídat jas příslušného svítícího bodu na stínítku obrazovky přijímače. Tato skutečnost vyžaduje synchronizaci rozkladu obrazu na straně kamery se stranou přijímače. Tyto úlohy plní synchronizační impulsy přidávané do prvotního signálu na straně snímáčí. Po režijním zpracování ve studiu se televizní signál namodeluje na nosnou vlnu (s frekvencí řádu stovky MHz) směrového spoje a dopraví se jím přes řídicí stanici na výkonný televizní zemský vysílač. Nosná vlna vysílačů se moduluje televizním signálem různě. Zemské vysílače pracují dosud s amplitudovou modulací uskutečněnou plným

televizním signálem. Tato modulace vykazuje však velká rušivá napětí a šumy. V současnosti se však do popředí dostávají modernější způsoby modulací jako QPSK nebo QAM, to si již vyžaduje číslicové zpracování signálů. Avšak zde se dostáváme již k digitálním televizím. Proto hlavním rozdílem mezi doposud vysílanou analogovou formou televize a moderní digitální formou je patrně jen v způsobu přenosu a typu modulací. Snímání a zobrazování obrazu je ve své podstatě stejné u obou druhů televize.

Zvuk se přenáší ze studia na řídicí stanici současně s obrazem pomocí směrového pojítka. Na televizi se jeden snímek vytvoří rychlým zobrazením různě svítících bodů, a to postupným řádkováním. Ucelený obraz vzniká krátkou setrvačností světélkující látky (luminoforu) na stínítku a setrvačností oka. [2]

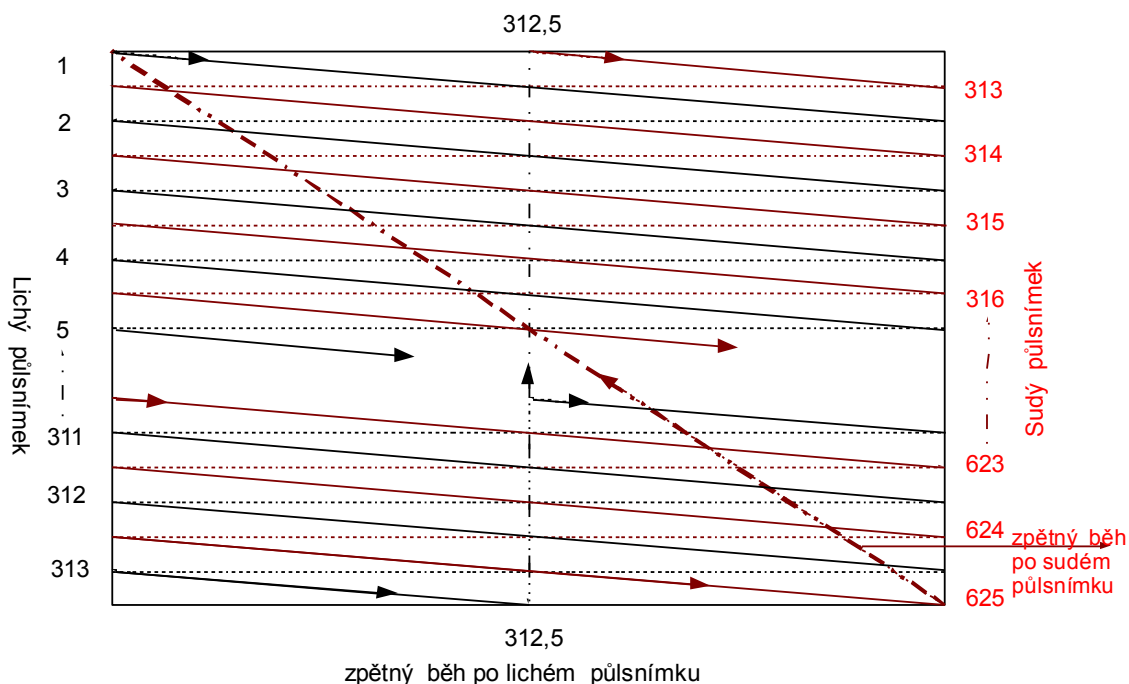
Prokládané řádkování:

Doposud běžné analogové televize používali soustavy se 625 řádky (běžné CRT televize) na jeden snímek. Moderní HDTV televize využívají větší počet řádků na snímek – 1200. Rychlost vytváření řádků na snímcích soustavy kamery a na obrazovce TV, počet řádků připadající na jeden snímek a počet snímků za sekundu je dán dvěma základními požadavky na jakost obrazu:

1. Obraz nesmí blikat, zvláště při značných jasech velkých ploch. Této podmínce vyhovuje počet snímků minimálně 70 za sekundu, ač pro vjem plynulého obrazu postačí již 25 snímků za sekundu.
2. Dobrá ostrost obrazu.

Počet snímků za sekundu byl v evropských zemích stanoven na 25 snímků vzhledem ke střídavé energetické síti o frekvenci 50 Hz. V počátcích televize byl však počet snímků za sekundu, přesněji řečeno frekvence pulsnímkového rozkladu, sfázována s frekvencí elektrovedné sítě 50Hz.

Tento způsob by byl však velmi ne hospodárný vůči šířce frekvenčního pásma, neboť počet řádků napsaných při 50 snímcích za 1 sekundu by byl $50 \cdot 625 = 31250$. Kdyby body na jednom řádku měly být rozlišitelné, tak jako ve svislém směru, bylo by jich u obrazovky s poměrem stran 4:3 v jednom řádku $(4/3) \cdot 625 = 832$, tj. 416 period obdélníkového průběhu, neboť řádek je 4/3 delší než výška obrazu. Za jednu sekundu by bylo třeba přenést $416 \cdot 31250 = 13\,000\,000$ period, tedy horní hranici přenášené frekvence, a tím i potřebná šířka televizního kanálu by byla 13 MHz. Tuhle šířku pásma však zmenšíme na polovinu tím, že rozdělíme 625 řádků na dva pulsnímky o 312,5 řádku (*Obr. 1 - Prokládané řádkování s pulsnímkovým zpětným během*).[2]



Obr. 1 - Prokládané řádkování s pulsímkovým zpětným během

Oba snímky do sebe zapadají střídavě svými řádky a vytvoří jeden snímek. Obraz nebude blikat, neboť počet pulsímků rozložených přes celou plochu obrazu zůstane 50, ale počet řádků napsaných za 1 sekundu bude $50 \cdot 312,5 = 15625$. Odtud je řádková frekvence horizontálního rozkladu 15,625 kHz, pulsímková frekvence vertikálního rozkladu je pak 50Hz. Protože na jeden pulsímk připadá 312,5 řádku, končí jedna soustava pulsímků v polovině dolního okraje obrazu, následující soustava začíná ve stejné výšce jako první, ale v polovině horního okraje obrazu. Tím jsou obě soustavy vzájemně proloženy, zobrazí se 625 řádků ve dvou různých pulsímcích tvořících jeden snímek. Úplných snímků je tedy 25 za sekundu. Řádky od 1 do 312,5 počítáme do lichého pulsímku, řádky od 312,5 do 625 do sudého pulsímku.

Televizní signál s časově proměnným napětím je přerušován zatemňovacím obdobím určeným zatemňovacími impulsy. V tu dobu má signálové napětí takovou úroveň, že se obrazovka nerozsvítí. [2]

Nevýhody prokládaného řádkování:

1. Nesprávné zobrazení šikmých čar a oblouků - jejich reprodukce je zubatá závislá od počtu řádků na jeden snímek.
2. Meziřádkové blikání – rozhraní jasově bliká, neboť mihotání hranice mezi bílou a černou plochou má frekvenci 25 Hz a o ní víme, že je okem dobře postřehnutelná.
3. Plavání řádků – zdánlivý pohyb ve svislém směru vnímaný jako stroboskopický jev při svislém pohybu obrazu.[2]

Základní pásmo a televizní kanál:

Abychom zobrazili jasové podrobnosti se stejnou rozlišovací schopností ve směru horizontálním a vertikálním, dospěli jsme při 25 snímcích za sekundu majících 625 řádků při poměru stran obrazu 4:3 k šířce pásma 6 MHz. Znamená to, že v tomto frekvenčním pásmu, zvaném základním se má přenést stejnosměrná složka a všechny modulační frekvence až do zmíněné mezní frekvence dané nejjemnějšími kontrastními podobnostmi v obraze. V základním pásmu je zabezpečen i přenos synchronizační směsi.

Celým obrazovým modulačním pásmem se moduluje hlavní nosná vlna o frekvenci, které říkáme obrazová nosná frekvence. Kolem ní vzniknou modulací určité široká postranní pásma. Spolu s širokopásmovým obrazovým signálem týkajícím se jasového přenosu se přenáší v TV programu i zvuk. Jeho modulační složky o frekvencích 10 kHz moduluji frekvenčně nebo amplitudově nosnou vlnu o frekvenci různě vzdálenou od nosné frekvence obrazu podle vysílací televizní normy. Některé televizní vysílače vysílají na druhé pomocné nosné frekvenci vzdálené od první hlavní nosné frekvence zvuku o 242 kHz výše nebo níže, druhý zvukový signál. Je to přenos stereofonního zvuku, který může být využit i pro přenos dvojjazyčného doprovodu, volitelného divákem.[2]

V soudobých televizních přenosech je na zemských vysílačích pro nosnou vlnu obrazu použita amplitudová modulace, u družicového vysílání FM modulace.

Aby se do určitého frekvenčního rozsahu, do určitého TV pásma vešel určitý počet vysílačů, bylo dané frekvenční pásmo (např. 170-230 MHz) rozděleno na televizní kanály v určitém rastru. Šířka kanálu závisí na frekvenční vzdálenosti mezi dvěma nosnými frekvencemi obrazu a na druhu použité modulace. U amplitudové modulace s jedním částečně potlačeným pásmem obsahuje TV kanál celé horní postranné modulační pásmo od obrazové modulace a obě postranní pásma od jedné nebo dvou modulovaných nosných zvukových frekvencí. Dolní pásmo se nepřenáší celé, aby se zmenšila potřebná šířka pásma pro jeden kanál. Šířka kanálu u pozemních analogových vysílačů je tedy 7-8 MHz.[2]

Rozdělení pásem na televizní kanály o určité frekvenční šířce vycházelo z černobílé 625 řádkové televize s jedním obrazovým signálem vystupujícím z televizní kamery. Nástupem barevné televize nastala otázka, jak přenést další dva signály určující *chromatičnost* barvy, a to uvnitř základního pásma v jednom a téměř kanálu. Byl to požadavek vzájemné slučitelnosti černobílého a barevného signálu, které oba měli být zobrazitelné na černobílém televizoru černobíle a na barevném černobíle nebo barevně.[2]

Černobílá obrazovka zobrazuje změny jasu jediným signálem, a to s ohledem na různou jasovou citlivost lidského oka pro jednotlivé barvy. Barevná kamera však dodává pro bílé světlo C současně tři signálových napětí U_r , U_g , U_b stejných velikostí. Při určité stejné energii ojedinele působícího světla červeného, zeleného nebo modrého dává barevná kamera na příslušných výstupech též stejná napětí U_r , U_g , U_b , např. 1V. Kdybychom však tyto signály přivedli postupně na černobílou obrazovku, nebyl by jasový rozdíl mezi modrou, zelenou a červenou. Pro správný černobílý přenos je tedy třeba uměle vytvořit jasové příspěvky od základních barev. (Obr. 2 - Přenos barevného obrazu po vedení na barevný a černobílý)

Snímá-li barevná kamera červenou barvu, dává při určitém jasu na výstupu signál $U_r = 1V$. Oko však vnímá červené barvy s menší hodnotou, a to 30% proti stoprocentnímu jasu při přenosu bílého světla signálovými napětími $U_r = 1V$, $U_g = 1V$, $U_b = 1V$. Aby tedy černobílá obrazovka reprodukovala červenou barvu s takovým jasem šedé, jak ji vidí oko, je zapotřebí výstupní signál z barevné kamery uměle zmenšit na 30%, tj. na 0,3V. [2]



Obr. 2 - Přenos barevného obrazu po vedení na barevný a černobílý

Podobně to platí i u zelené barvy, která je jasově správně reprodukována černobílou obrazovkou při zmenšení na hodnotu 0,59 V a modré barvy pak při zmenšení na 0,11 V.

Obecně tedy platí pro vytvoření jasového signálu ze základních barevných signálů vztah, což je tzv. jasová rovnice (1): [2]

$$U_Y = 0,30U_R + 0,59U_G + 0,11U_B \quad (1)$$

Vytvoříme-li maticováním těchto signálů základních barev podle jasové rovnice jasový signál U_Y , stačí v televizním barevném přenosu po kabelu přenášet kromě jasového signálu (určeného pro černobílou obrazovku) jen některé dva signály základních barev. Třetí zbývajících lze jednoduše dopočítat. Jestli tedy budeme přenášet jenom U_r , U_b a U_Y , signál U_g jednoduše dopočítáme ze vztahu jasové rovnice (2): [2]

$$U_G = \frac{U_Y - 0,3U_R - 0,11U_B}{0,59} \quad (2)$$

Je třeba přenést ovšem všechny tři informace uvnitř jednoho televizního kanálu o šířce 6 MHz, které je k dispozici pro černobílý přenos. Protože lidské oko vnímá citlivěji jasové změny než změny barevné, je jasovému signálu přiděleno celé frekvenční pásmo televizního kanálu, tj. 0-6 MHz. Zbývá tedy vyřešit otázku, jak přenést dva barevné signály (třetí lze dopočítat). [14]

Maticové obvody televizoru vytvoří rozdílový signál $(U_g - U_Y)$ a ke všem třem rozdílovým signálům $(U_r - U_Y)$, $(U_g - U_Y)$ a $(U_b - U_Y)$ přidají signál jasový U_Y , takže vzniknou opět původní barevné signály. Tyto signály rozsvěcují příslušné zdroje základních televizních barev a vytvářejí původní barevný obraz.

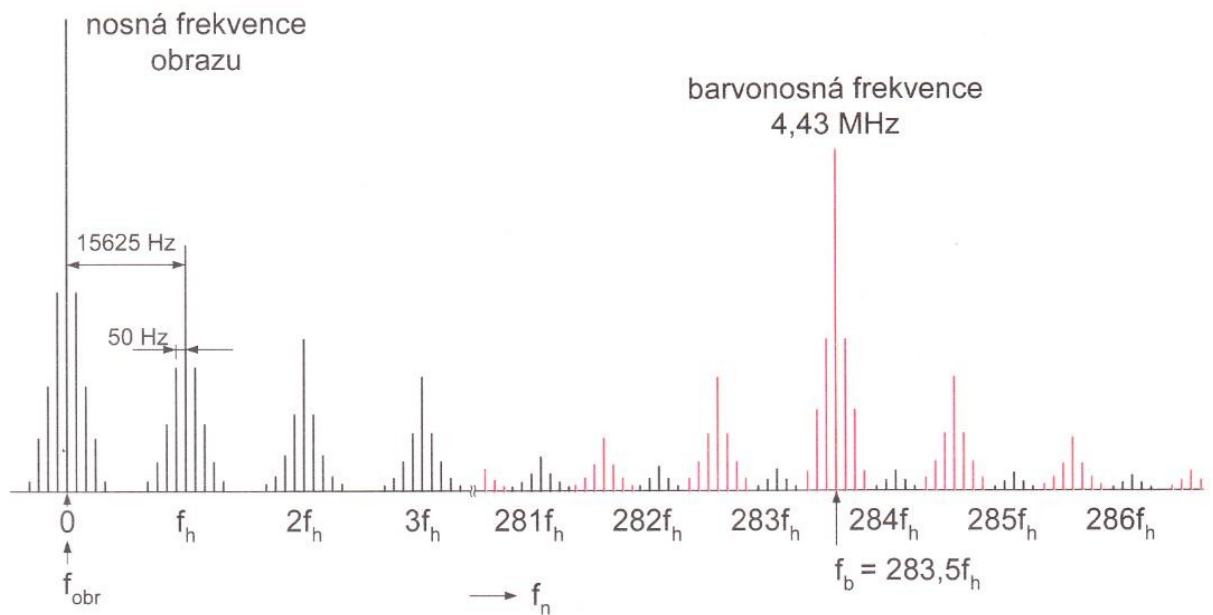
Jakým způsobem vysokofrekvenčně přeneseme tyto tři informace uvnitř jednoho televizního kanálu o šířce 6MHz, vysvětlím dále. [2]

Umístění rozdílových signálů uvnitř pásma jasového signálu:

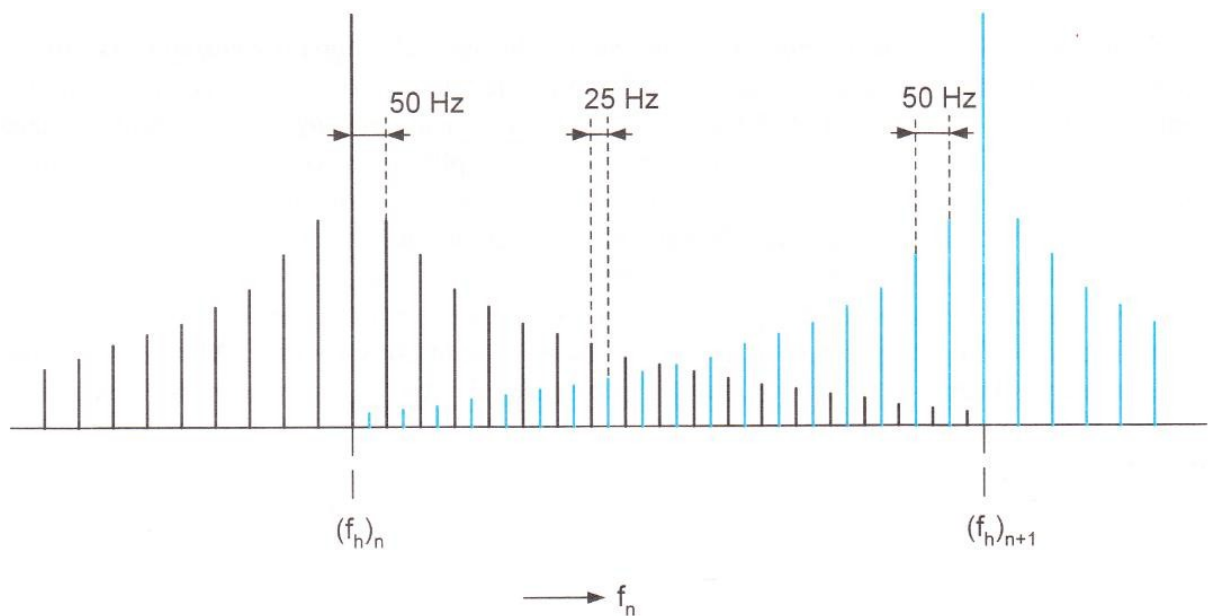
Jasový signál U_y se přenáší do nejvyšších modulačních frekvencí, kdežto pro oba barvosložné signály není třeba celé této šířky pásma. Jejich vyšší frekvence, příslušejících podrobnostem nevnímání barevné, se přenáší společně jako úplná jasová informace $(U_b - U_y)$ postačí frekvenční pásmo 0 až 1,3 MHz. Využívá se zde vlastnosti zraku, barvosleposti oka pro drobné detaily obrazu. Právě při frekvencích vyšších než 1,3 MHz rozeznává oko jen obrysy malých plošek jakožto změnu jasu (signálu U_y), nikoli však jejich barvu. Proto pro přenos barvových signálů postačí frekvenční pásmo 0-1,3 MHz. Vyšší frekvence nad touto hranicí se odstraní u barvových signálů na vysílací straně filtry.

Charakteristickým znakem amplitudově modulovaného jasového signálu je nespojité, skupinové spektrum modulačních frekvencí (*Obr. 3 - Frekvenční spektrum postranního pásma amplitudově modulovaného signálu a umístění barvosložné frekvence do mezer základního spektra při podmínce fb, Obr. 4 - Podrobné znázornění spekter kolem frekvencí $(fh)n$ a $(fh)n+1$ od jasového signálu*).

Protože je televizní obraz rozložen na jednotlivé řádky opakujících se frekvencí 15625 Hz, vytvoří se ve frekvenčním spektru horního pásma výrazná maxima opakující se v násobcích řádkové frekvence. Amplituda maxim je závislá na hloubce modulace a se zvyšováním frekvence se zmenšuje, poněvadž se zmenšuje amplituda vyšších harmonických v základním modulačním průběhu. Kolem řádkových maxim jsou rozloženy opět s klesající amplitudou na obě strany skupinky frekvencí vzájemně od sebe vzdálených o $2.25 = 50$ Hz. Proložení dvou spekter od sousedních harmonických je 25 Hz (*Obr. 4 - Podrobné znázornění spekter kolem frekvencí $(fh)n$ a $(fh)n+1$ od jasového signálu*). Tento ráz čárového spektra způsobuje tedy řádkový i snímkový rozklad. Mezi skupinkami modulačních frekvencí jsou dosti rozsáhlá prázdná místa, do kterých je možné umístit jiný signál. Použije-li se pro přenos rozdílových signálů barev amplitudová modulace, je možné její nosnou frekvenci (barvosložnou frekvenci) umístit do středu některé mezery v horní části modulačního pásma jasového signálu. Obvykle vyjadřujeme polohu středu prázdných míst lichým násobkem poloviny řádkové frekvence. Umístíme-li někde uprostřed pásma barvosložnou frekvenci, pak postranní modulační pásma vytvoří stejným způsobem rozložené shluky frekvencí, které padnou do mezer v jasovém signálu (*Obr. 3 - Frekvenční spektrum postranního pásma amplitudově modulovaného signálu a umístění barvosložné frekvence do mezer základního spektra při podmínce fb*). [2]



Obr. 3 - Frekvenční spektrum postranního pásma amplitudově modulovaného signálu a umístění barvonosné frekvence do mezer základního spektra při podmínce f_b



Obr. 4 - Podrobné znázornění spekter kolem frekvencí $(f_h)_n$ a $(f_h)_{n+1}$ od jasového signálu

Přenos chrominančního signálu uvnitř jasového signálu, tj. uvnitř jednoho televizního kanálu se označuje jako princip sdílení pásma nebo modernější frekvenční multiplex. [2]

Způsob přenosu chrominančního signálu:

Oboustranně slučitelné základní přenosové soustavy pro barevnou televizi, které se dosud ve světě rozšířily, jsou tři. Americká soustava NTSC (USA, Japonsko), západoněmecká PAL a francouzská SECAM. Kromě základních rozdílů plynoucích z šířky televizního kanálu a frekvenční vzdálenosti mezi nosnou frekvencí obrazu a zvuku se tyto soustavy liší způsobem modulace barvonosné vlny a způsobem oprav přenosových zkreslení.

Společnými rysy všech tří soustav je přenos tří složkových signálů základního pásma na principu stálého jasu (slučitelný jasový signál a dva rozdílové barvové signály), dále využití fyziologických vlastností oka (omezení šířky pásma barvových rozdílových signálů s principem smíšených výšek v jasovém signálu) a volba barvonosné frekvence v horní části jasového modulačního pásma (4,4 MHz, popř. 3,6 MHz). [2]

Přehled jednotlivých soustav:

1. Soustava NTSC:

Kromě jasového signálu U_y s frekvenčním pásmem 0-4 MHz se moduluje barvonosná vlna o frekvenci 3,6 MHz kvadrurní modulací současně amplitudově a fázově, přičemž se barvonosná frekvence potlačí tím, že se odečte. Modulační signály U_i , U_q jsou rozdílové signály s rozsahem 1,3 MHz, respektive 0,5 MHz. Přenos tří informací o barvě je současný. [2]

2. Soustava PAL:

S jasovým signálem o frekvenčním pásmu 0 až 5 MHz se přenáší barvonosná vlna s frekvencí 4,43 MHz modulovaná kvadrurní modulací. Modulační signály jsou rozdílové signály barev ($U_r - U_y$) a ($U_b - U_y$) s frekvenčním rozsahem do 1,3 MHz a částečně potlačeným horním pásmem. Přenos tří informací o barvě je současný. Soustava koriguje fázové zkreslení přepínáním fáze barvonosné frekvence pro signál ($U_r - U_y$) o 180° v každém následujícím řádku. [2]

3. Soustava SECAM:

Tato soustava přenáší současně jen 2 informace o barvě: jasový signál U_y (0 až 5 MHz) a jeden rozdílový signál barev. Barvový signál ($U_r - U_y$) se střídá se signálem ($U_b - U_y$), každý po dobu 1 řádku. Rozdílové signály barev se přenášejí frekvenční modulací dvou barvonosných vln o blízkých frekvencích 4,406 MHz a 4,250 MHz. Je to soustava následná. V přijímači je zapotřebí paměti (zpoždění), aby se oba rozdílové signály barev vyskytovaly vždy současně. [2]

Zvuk u zemských vysílačů:

Kromě Francouzské normy L a lucemburského vysílání s AM modulací a oběma postranními pásmy nosné vlny zvuku používají všechny ostatní televizní normy pro přenos zvuku frekvenční modulaci. Maximální frekvenční zdvih je ± 50 kHz. Šířku pásma možno určit dle vztahu (3)

$$B_{vf} = 2 \cdot (\Delta f + f_{\max}) \quad (3)$$

f_{\max} – maximální modulační frekvence zvukového signálu,

Δf – frekvenční zdvih [2]

1.2 – Digitální vysílání DVB-T

Princip DVB-T je, že digitalizujeme vstupní obrazové a zvukové signály v redukci datového toku informace, v kompresi signálu, ve sloučení více TV programů, případně jiných signálů, do jednoho balíku (Multiplexu, tj. „kontejneru“ programů), poté vytváříme ochranu užitečného datového toku různými kódovacími metodami a prokládání nebo použití digitálních modulací (QAM,QPSK). Digitální vysílání se realizuje v doposud využívaných TV pásmech, tj. III pásmo (173-231MHz) a IV. A V. pásmo (470-862MHz). Šířka kanálu je stejná jako u analogového vysílání, což je 6-8 MHz. [1]

Základní vlastnosti:

- vysílání více TV programů v jednom TV kanálu (3-5 v jednom multiplexu, rozlišení 720x 576 – SDTV)
- možnost použití několika zvukových doprovodů
- pružná volba kvality obrazu a zvuku
- zlepšení kvality příjmu zejména v oblastech s odrazy
- možnost používat přenosné přijímače s jednoduchými anténami
- na pokrytí si vystačíme s vysílači s menším výkonem
- možnost budování tzv. jednokmitočtových vysílacích sítí (SFN), tj. stejný multiplex programů se vysílá sítí vysílačů na stejné frekvenci, přičemž tyto vysílače se vzájemně neruší, naopak za určitých podmínek podporují. Úroveň signálů se sčítá. Tím pádem možná úspora kmitočtového spektra. [1]

Druhy příjmu DVB-T signálu:

- a) pevný příjem-příjem směrovou anténou na střeše budovy
- b) přenosný příjem:
 - **třída A 1)** vnější - příjem přenosným přijímačem s připojenou nebo vestavěnou anténou
 - **třída B 2)** vnitřní - příjem s připojenou nebo vestavěnou anténou uvnitř budovy
- c) mobilní příjem - příjem při pohybu všesměrovou anténou[1]

Varianty systému DVB-T:

- **systém 2k** (1705 nosných v jednom TV kanálu širokého 8MHz)
- **systém 8k** (6817 nosných v jednom TV kanálu širokého 8MHz)

Systém DVB-T umožňuje současně přenášet jednu modulaci v druhé, např. QPSK v 64-QAM, což je přenos, který umožňuje, aby z určitého balíku programů byly programy vysílané sice s různou přenosovou bitovou rychlostí, ale o to robustněji.

Varianta C2 - vhodná pro kvalitní přenos čtyř TV programů v jednom multiplexu bez použití statistického multiplexování (tj. bez dynamické změny přenosové rychlosti pro jednotlivé TV programy podle momentálního obsahu scény).

Varianta B2 - vhodná pro přenos tří TV programů v jednom multiplexu bez použití statistického multiplexování.[1]

1.2.1 – Přenos DVB-T signálu

Postup při přenosu digitální televize je přibližně stejný jako u analogové televize.

U digitální televize je analogový signál nejprve převeden do digitální formy. Aby bylo možné digitální signál přenášet, musí se převážně složitými metodami komprimovat (zdrojově kódovat) tak, aby bylo možné tento signál přenášet v analogovém TV kanále s kvalitou obrazu srovnatelnou se standardy PAL, NTSC, SECAM. Ovšem u digitální modulace se počítá právě s úsporou frekvenčního spektra – v jednom analogovém kanálu přenášíme více programů. Komprimovaný číslcový signál je třeba zajistit proti chybám z vnější strany (kanálové kódování).

Multiplex TV programů není přenášen na jedné nosné, ale na tisících nosných v systému OFDM a používají se více stavové modulace m-QAM, QPSK. Využívají se možnosti šíření více TV programů na jedné frekvenci více vysílači. [1]

Složkové kódování pracuje se složkami obrazu Y , C_B , C_R (Y - jasový), (C_B , C_R - chrominanční).

Pro jasový signál Y se počítá vzorkovací frekvence 13,5 MHz a 6,75MHz pro chrominanční složky. Číslcový formát jasového a chrominančního signálu je označen 4:2:2 ($Y: C_B : C_R$). Chrominanční složky mají poloviční vzorkovací kmitočet s poloviční zrakové rozlišovací schopností. Lidské oko jednoduše méně reaguje na změnu barvy, než na změnu jasu. [1]

Zdrojové kódování:

Proč je vlastně nutno digitální signál kódovat:

Bitová rychlost nekomprimovaného digitálního signálu:

Při 8bitovém kvantování a vzorkovacím kmitočtu 13,5MHz pro televizní normu s 625 řádky a 25 snímky za sekundu je následující bitová rychlost:

Pro jasový signál s 864 obrazovými body (pixels) vzorky na jednom řádku

$$864 * 625 * 8 * 25 = 108 \text{ Mbitů/s (135 Mbitů/s při 10bitovém kvantování)}$$

Chrominační signál (vzorkovací kmitočet C_B a C_R je 6,75MHz)

$$432 * 625 * 25 * 2 = 54 \text{ Mbitů/s (67,5 Mbitů/s při 10bitovém kvantování)}$$

HDTV kvalitě se bitová rychlost zvětšuje s počtem řádků a vzorků

864 Mbitů/s při 1250 řádcích a 50 pulsnímecích a při vzorkovacím kmitočtu 54 MHz. [1]

Proč bylo nutné aplikovat složité kódovací postupy. Důvod je jednoduchý a výhodnější, i když vysílání a příjem TV signálu je tak komplikovanější. Základním požadavkem přenosu je nejeefektivnější využití přenosových cest. Při přenosu digitálního obrazu bez kódování se vyžaduje datový tok 216 Mbitů/s pro systémy porovnatelný s kvalitou systému **PAL (SDTV)** i při přenosu **HDTV** je to dokonce až 864 Mbitů/s. Kódování zabezpečí, že při přenosu **SDTV** postačí 1 – 6 Mbitů/s datový tok (velikost toku při dodržení jistého standardu samozřejmě závisí na konkrétní kvalitě obrazu) a při **HDTV** je jen 20 – 40 Mbitů/s. V porovnání s nekódovaným signálem obrovská úspora přenosových toků v přenosových médiích. Kódování digitální televize se používá protokol **MPEG – 2**. [1]

Realizace MPEG-2:

Základní myšlenkou při kódování videa je snížení:

- prostorové redundance v jednom snímku. Využívá se identický postup jako při standardu **JPEG**. Transformační kódování bloků 8x8 pixelů pomocí **DCT** (diskrétní kosínové transformace) v kombinaci s kvantováním a entropickým kódováním.
- časové redundance mezi snímky. Mezi dvěma následujícími snímky je velké množství identických dat a tedy nebudeme zbytečně přenášet podobné téměř identické snímky jenom rozdíly mezi nimi, které vytvoříme pomocí **DPCM** (diferenční pulzní kódové modulace). [3]

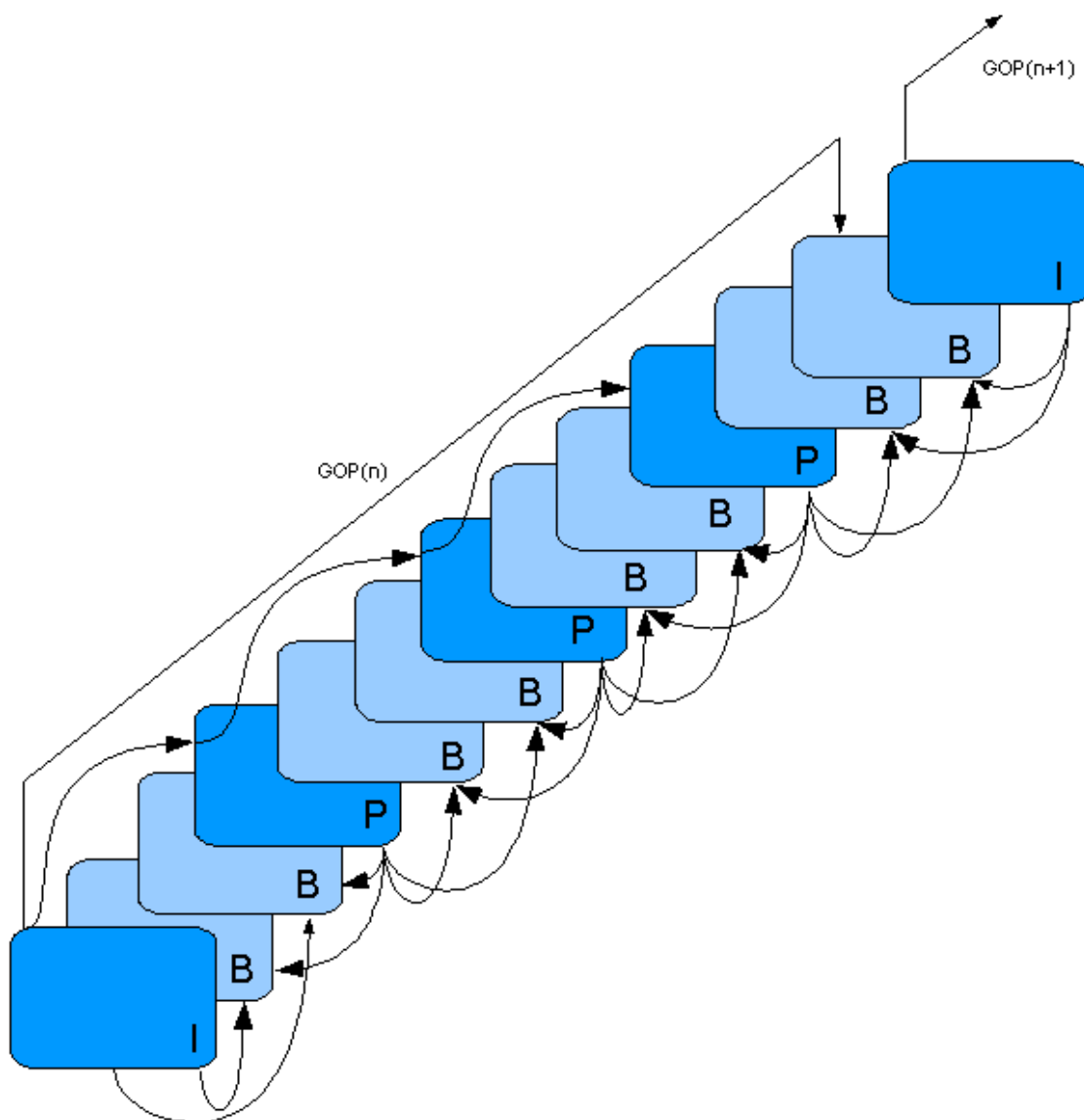
Skupina snímků GOP (Group Of Pictures):

V MPEG datovém toku rozeznáváme tři druhy snímků, které jsou organizované ve skupinách GOP (Obr. 5).

Snímky I (Intraframes) - kódované jenom prostorově pomocí DCT bez informací z předcházejících či následujících snímků, identicky jako je tomu při standardu JPEG.

Snímky I přímý přístup do proudu obrázků MPEG. Snižují kompresní poměr, protože jejich kompresní poměr je nejnižší ze všech tří typů snímků.

Snímky P (Predicted) - kódované pomocí stejnosměrné (dopřední) predikce. Tedy aktuální snímek P je zakódován vzhledem k jeho vztahu k předcházejícímu snímku typu I nebo B. [3]



Obr. 5 - Skupina snímků

Kompresní poměr dosahovaný pro snímky P je výrazně vyšší jako při snímcích typu I. Jednosměrnou predikci snížíme datový tok asi dvojnásobně.

Snímky B (Bidirectional) - kódované pomocí obousměrné predikce. Aktuální snímek je zakódován pomocí předcházejícího a následujícího referenčního snímku typu I nebo B. B snímky dosahují nejvyšší stupeň komprese a zmenšují výsledný datový tok asi osminásobně.[28]

Ze způsobu, jakým jsou kódované snímky P a B, musí být pořadí dekódování jiné jako pořadí při kódování. Sled snímků při dekódování je znázorněn na *Obr. 5 - Skupina snímků*. Například čtvrtý snímek typu P musí být dekódován před snímky typu B (2,3). Podíl snímků I, P a B v datovém toku MPEG má vliv i na "charakter" videa. Např. když je potřebné umožnit rychlý přístup k obrázkům, je nejlepším řešením zakódovat celé video jako posloupnost I snímků, tím se MPEG stane identický s M-JPEG. Naopak, pokud chceme dosáhnout vysoký kompresní poměr, můžeme ho dosáhnout jenom vysokým podílem B snímků.

Základní jednotkou kódování uvnitř snímku (I, P nebo B) je makroblok. Každý makroblok se skládá ze 4 jasových bloků 8x8 spojených do jednoho celku 16x16 bodů a dvou bloků 8x8 chrominancního rozdílového signálu Cb a Cr. Způsob, jakým se kódují makrobloky v daném snímku závisí od typu snímku (I, P a B). Jak již bylo napsáno, časovou redundanci redukuje tak, že budeme přenášet a kódovat jenom rozdíly mezi snímky. Tohle realizujeme pomocí DPCM, kterou vytváříme rozdíl mezi současným a předchozím snímkem. Stav předchozího snímku je předpověď pro aktuální snímek, který je kódován rozdílem od předcházejícího snímku, což je *dopřední predikce* při snímcích P. Když předpovídáme současný snímek na základě rozdílu současnými snímky pomocí předcházející (dopřední predikce) a následující (zpětná predikce)-*obousměrná predikce* používaná při snímcích typu B. Rozdíly mezi snímky jsou zaznamenány pomocí DPCM a následně zpracovávány transformačním ztrátovým kódováním založeným na DCT a tvoří tak hybridní komprimační kódování. [3]

Tvorba snímku P a vektorů pohybu

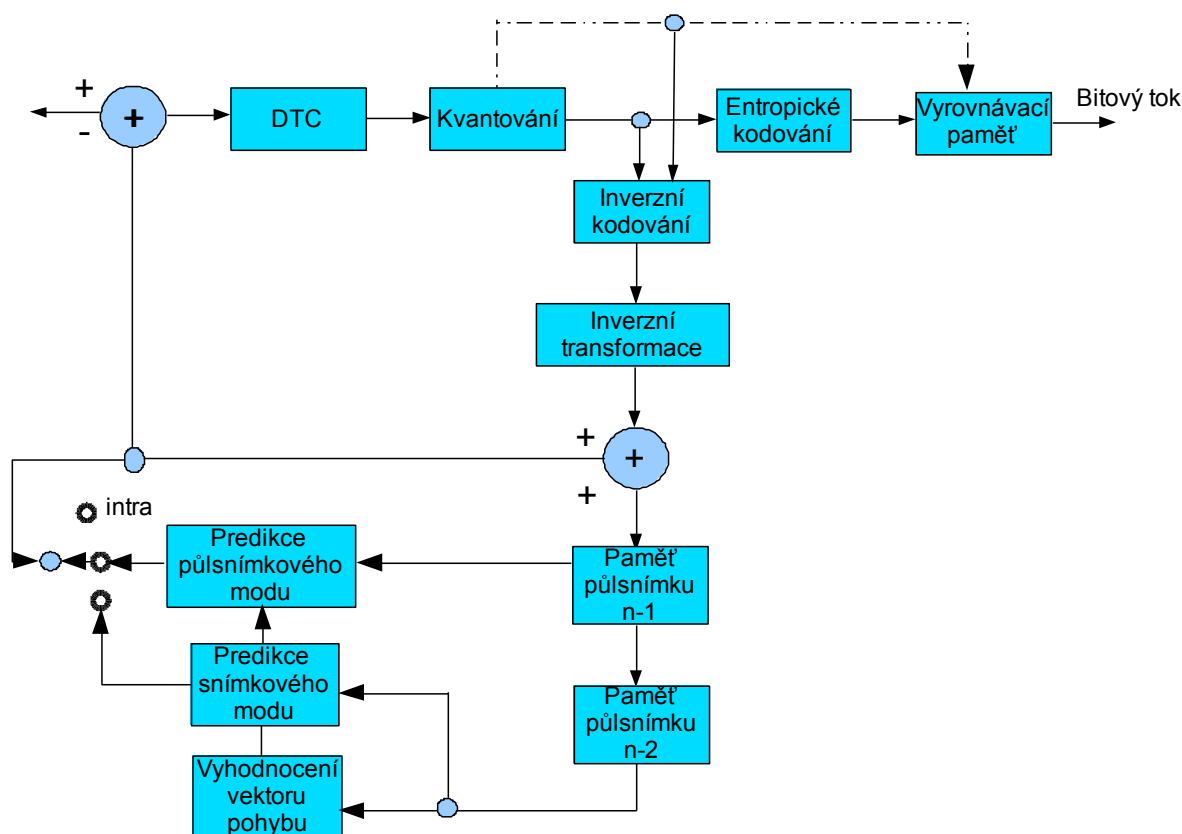
Vytváření snímků pomocí DPCM je potřebné vytvořit rozdíl v hodnotách vzorků na odpovídajících si místech pro všechny makrobloky ve snímku právě kódovaném, tak i v předchozím. Mnohem účinnější způsob kompenzace pohybu dvou časově sousedících snímků je odhad a kompenzace pohybu pomocí tzv. vektoru pohybu.

Princip je v tom, že makroblok je zakódovaný pomocí vektoru pohybu, který odhadne jeho předpokládané hodnoty na základě předchozího referenčního snímku typu I nebo P. Potom není potřeba vytvářet rozdíly sebe odpovídajících míst v obraze. Úlohou odhadu pohybu je nalézt nejlepší vyhovující makroblok v dostupných referenčních snímcích typu I nebo P vzhledem na kódovaný makroblok v aktuálním snímku. [3]

Tvorba snímku B

Při tvorbě těchto snímků je využívána obousměrná predikce. Při kódování aktuálního makrobloku v snímku S_n vyhledá algoritmus v předchozím snímku (I nebo P) a v následujícím snímku (P nebo I) podobný makroblok jako je právě kódovaný. Z toho plyne, že vektory pohybu budou dva. Obvod predikce vytvoří z předchozího a následujícího snímku (jsou uloženy v paměti) průměr u každé vzorku v makrobloku. Tato předpověď je odčítána od hodnot právě kódovaného makrobloku a snímek je označen jako B. Pokud algoritmus kodéru nenajde ve snímcích určených k predikci aspoň částečně shodné makrobloky, realizuje se předpověď jen v jednom směru, případně se předpověď nerealizuje vůbec a kóduje se jako v případě snímku I. Při kódování se postupuje tak, že nejprve se zakóduje snímek I a jeho původní hodnota se uloží do paměti. Následující dva snímky B se uloží do paměti. Následně se kóduje snímek P a jeho originál se uloží do paměti. Snímek B se kóduje až teď pomocí snímků I a P (resp. P a P) uložených v paměti. [3]

Hierarchie MPEG video toku



Obr. 6 - Bloková schéma MPEG – 2 Kodéru.

Signál přichází po makroblocích do rozdílového obvodu, kde se od něho odčítá referenční makroblok uložený v obrazové paměti a tím se vytvoří rozdíl, který se transformuje pomocí DCT po blocích 8x8 pixelů a následně se kvantuje. Kvantované koeficienty po DCT se po inverzní DCT opět převedou do tvaru diferencí a přidají se k pohybově kompenzovanému referenčnímu makrobloku na vstupu obrazové paměti, která ukládá kompletní snímek pro další predikci. V

případě, že na vstup přijde snímek typu I, rozpojí se oba vypínače a snímek se kóduje jen pomocí DCT bez použití DPCM. Kvantované spektrální koeficienty se kódují kódem s proměnlivou délkou VLC a po multiplexování s pohybovými vektory se ukládají do výstupní vyrovnávací paměti.

Velmi důležitou součástí každého kodéru a dekodéru je vyrovnávací paměť, která vyrovnává proměnný datový tok v závislosti na charakteru obrazu a použitých kompresních prostředcích. Na výstupu kodéru při plynulém zásobování signálem může přenosová rychlost kolísat. Např. statický záběr komentátora zpráv má nižší bitovou rychlost než dynamicky reklamní spot. Tím by na vstup vyrovnávací paměti přicházelo v jednom okamžiku buď příliš mnoho dat a paměť by se přeplnila nebo příliš málo dat a paměť by se nenaplnila. Proto je třeba vstupní bitovou rychlost do kodéru regulovat tak, aby byla paměť vždy téměř úplně naplněná a výstupní tok tak mohl pokračovat konstantní bitovou rychlostí dále. Aby se zamezilo přetečení vyrovnávací paměti, je trvale monitorovaná a pomocí zpětné vazby se zajišťuje přiměřené zaplnění paměti. Zpětná vazba obvykle ovládá jemnost kvantování koeficientů DCT a tím zmenšuje bitový tok. Toto má vliv i na kvalitu, a proto se koeficient DC, který odpovídá průměrnému jasů bloku, kóduje odděleně s největším počtem bitů.

Dekodér MPEG je mnohem jednodušší jako kodér, protože neobsahuje obvod pro vyhledávání stejných makrobloků za účelem tvorby vektorů pohybu. [3]

1.2.2 – Multiplexování v DVB-T, OFDM, C-OFDM. Modulace

Multiplexování

Datové toky vycházející z vyrovnávacích pamětí komprimovaného obrazového a zvukového signálu nepřicházejí do hlavního multiplexoru v dlouhém souvislém sledu. Jsou rozděleny v menší jednotky, tzv. pakety, které jsou opatřeny informačním záhlavím. Toto rozdělení umožňuje vzájemnou synchronizaci obrazu, zvuku i jiných přídatných dat v dekodéru, protože periodická struktura paketu vykazuje určité zachytné body dané informacemi v záhlaví. Vytvářením paketů se dílčí signály multiplexují do výsledného toku. Ten může obsahovat nejenom jeden televizní program doprovázený v téže časové souvislosti zvukem a přídatnými daty, ale může být v hlavním multiplexoru spojováno několik televizních programů navzájem časově nezávislých. [1]

Kanálové kódování:

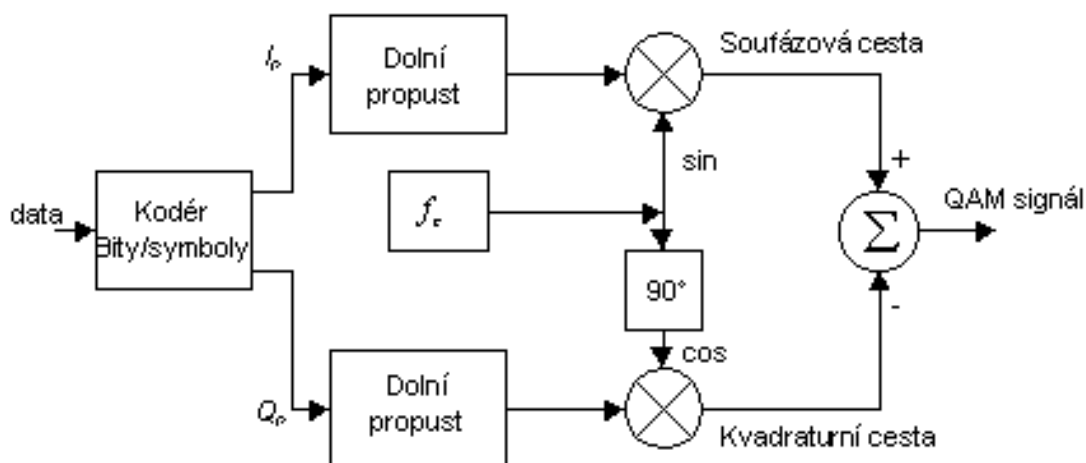
Pod pojmem kanálového kódování rozumíme veškerou úpravu komprimovaného digitálního signálu pro umožnění jeho neporušeného přenosu přes vysílací a přijímací anténu do přijímače. Tato úprava signálu zbaveného redundance a irelevance, seřazeného svými složkami do transparentního toku zahrnuje v sobě postupy zabezpečení signálu proti rušení a vhodné modulační metody pro hospodárný a účinný přenos určitým prostředím, tj. s co nejužším kmitočtovým pásmem pro jeden televizní program. Tím se umožní společně s komprimací digitálního signálu přenášet více programů ve stávajícím analogovém TV kanálu. [1]

Mapování, uspořádání signálu a digitální modulace.

Systém DVB-T používá na přenos tzv. ortogonální kmitočtově dělený multiplex (OFDM). Všechna nosná data v jediném OFDM rámci jsou modulována modulací QPSK, 16-QAM nebo 64-QAM (více stavové kvadrurní amplitudové modulace). Mapování dat do OFDM symbolů představuje modulaci každé subnosné podle tří konstelací využívaných v systému DVB-T: QPSK, 16-QAM, 64-QAM. V závislosti na konstelaci jsou přeneseny 2 bity při QPSK, 4 bity (16-QAM) nebo 6 bitů (64-QAM) v jednom okamžiku a na jedné subnosné. Modulace QPSK je 4-5x odolnější než modulace 64-QAM, avšak na úkor přenosové rychlosti. Nyní popíšeme principy těchto modulací. [1]

QAM modulace:

Modulace QAM kde na Obr. 7 - Bloková schéma QAM modulace je její blokové schéma, představuje běžně používanou a propracovanou modulační techniku, používanou ve velké míře v modemech pracujících v hovorovém pásmu a v mikrovlnných radiových systémech. Přicházející data jsou nejprve rozdělena do dvou toků s poloviční přenosovou rychlostí a potom modulována na dvojici ortogonálně vzájemně posunutých nosných. [4]



Obr. 7 - Bloková schéma QAM modulace

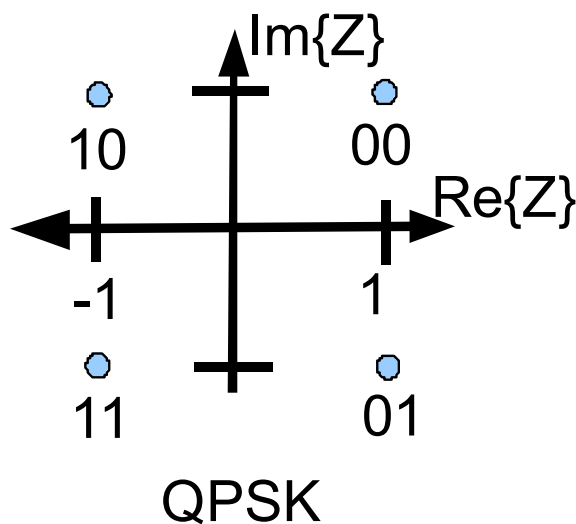
Modulaci QAM si lze představit jako dvourozměrnou PAM (pulsně amplitudová modulace), kde každá z jednotlivých nosných (vzájemně posunutá o 90°) je modulována jednorozměrnou PAM. QAM symbol může být popsán jako dvourozměrné uspořádání signálových bodů, kde rozsah v každé dimenzi závisí na počtu úrovní signálu jednodimenzionální PAM.

Na Obr. 8 - QPSK stavové uspořádání je QPSK na Obr. 9 16-QAM stavové uspořádání, 16- stavové QAM uspořádání. Například u 16 bodové QAM je možné přenášet 4 bity pomocí jednoho symbolu (dva bity v každé dimenzi). Zvýšení počtu bodů signálového uspořádání má stejný efekt jako zvýšení počtu signálových úrovní u jednodimenzionální PAM modulace. Proto je nutné udělat kompromis mezi používanou šířkou pásma a nezbytným odstupem signál/šum, aby se spolehlivě přeneslo zvolené uspořádání. Pravoúhlé uspořádání 16-QAM vyžaduje velikost SNR (odstup signál/šum) 21,5 dB, 64-QAM vyžaduje 27,5 dB. Tento rozdíl ukazuje potřebu zvýšeného odstupu

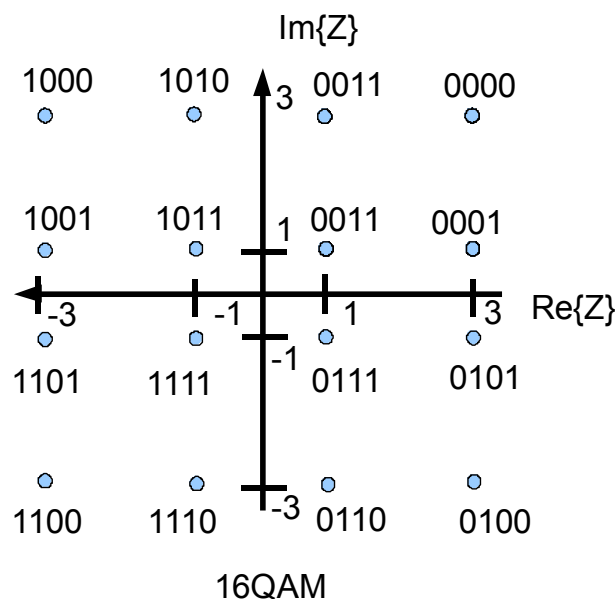
signál/šum přibližně o 3 dB pro přenos přídatného bitu na symbol (viz. Výše rozdíl 6 dB mezi 16-QAM a 64-QAM).

Velikost symbolového toku u QAM systémů určuje šířku pásma přenášeného signálu. To je určitou nevýhodou QAM systémů. Přizpůsobení rychlosti přenášeného datového toku (aby neúměrně nevzrostla složitost systému) je možné změnou počtu stavů QAM modulace signálu. To ale dovoluje pouze několik extrémně velkých skoků a tudíž nepostačuje pro plné využití kapacity přenosového média. Další možnost pro přizpůsobení velikosti přenášeného datového toku je změna symbolové rychlosti. To ale vyžaduje následné přizpůsobení nosné frekvence (nutné pro dosažení optimálního přenosového pásma) a způsobuje zvýšení složitosti QAM systémů. Demodulace se provádí buď pomocí dvojice Hilbertových filtrů, nebo inverzním postupem oproti modulaci.

Modulace QPSK je v podstatě 4- stavová QAM. [1]



Obr. 8 - QPSK stavové uspořádání



Obr. 9 16-QAM stavové uspořádání

1.3 – Srovnání analogového a digitálního vysílání DVB-T

DVB-T

(Digital Video Broadcasting) je vytvořeno síťovými operátory, regulačními organizacemi a celkem dalšími zástupci, kteří činí 280 členů z 35 států z celého světa.

V počátcích byla úroveň rozlišovací schopnosti velmi malá, označovala se standardem LDTV, později přešla na standardní televizi SDTV až po nynější nejlepší rozlišovací schopnost HDTV.

V České republice se začalo vysílat digitálním příjmem 12. 5. 2000. Pro příjem digitálního pozemního vysílání se používá zařízení zvané SET TOP BOX, které je už ve většině domácnosti díky velké škále balíčku programů, než při analogovém vysílání, kde byl problém s duchy a jinými problémy modulace. Dnešní trh nabízí spoustu typů těchto zařízení, ovšem lidé nedbají na rady techniků, kteří se zabývají digitálním vysíláním a kupují si levné SET TOP BOXY někde v supermarketech a potom se diví, že mají nekvalitní příjem digitálního vysílání. Těžko pak montážník vysvětluje, že to není jeho chyba, nýbrž koupí nekvalitního přijímače. V těchto dnech nabízí digitální vysílání 3 balíčky programů a do budoucna se mají navyšovat.

Na kanálu 32 a 39(stav k 30. 3. 2011), které jsou vysílány z hladnovského vodojemu, disponují těmito programy: Nova, Nova Cinema, Prima, Prima COOL, Barrandov TV.

Na kanálu 54, které je vysílán z Ostravy Hoštálkovice, jsou programy: ČT1, ČT2, ČT24, ČT4.

DVB-S

Je to standard digitálního vysílání přes satelit, pomocí jednotlivých satelitů obíhajících kolem stacionárních poloh. Jednotlivý příjem a kanálovou nabídku má každá družice svou. V dnešní době je na trhu spousta satelitních firem, které nabízejí velkou nabídku programů pomocí dekódovací karty.

Aby každý jednotlivec mohl sledovat satelitní vysílání, musí si pořídit parabolu, konvertor, přijímač a dekódovací kartu.

Parabola odráží přijímaný signál do svého ohniska, ve kterém je vnější jednotka konvertor= každá další družice obsahuje další konvertor.

Čím je větší plocha paraboly, tím je signál a stabilita signálu při nepříznivém počasí větší. LNB= (Low Noise block konvertor) je v ohnisku paraboly, který přijímá signál z družice, zesiluje a převádí jej na nižší kmitočet. Takto konvertován signál je pomocí koaxiálního kabelu přiveden k satelitnímu přijímači, který jej nemoduluje a dále zpracovává. Tyto konvertory pracují na frekvenci řádu 12 GHz, jsou přepínány pomocí signálu 22 kHz a pracují na napětí 12,5-14 při vertikální polarizaci a 14 -18 při horizontální polarizaci.

Pak se každý jednotlivý přijímač nastaví, naladí příslušné kódované a nekódované kanály. Do příslušného slotu se zasune dekódovací karta a poté už můžeme sledovat digitální vysílání v podobě satelitního digitálního vysílání.

DVB-C

Standard digitálního vysílání pomocí kabelového rozvodu.

Pro každé rozhlasové či rádiové vysílání platí, že informace se přenášejí na jedné straně nebo několika nosných elektromagnetických vlnách.

Podstata pozemského analogového vysílání je, že snímáný obraz i zvuk jsou přeměněny na spojitý analogový signál (elektrický), kterým je modulovaná nosná vlna vysílače.

Nevýhody analogového televizního vysílání:

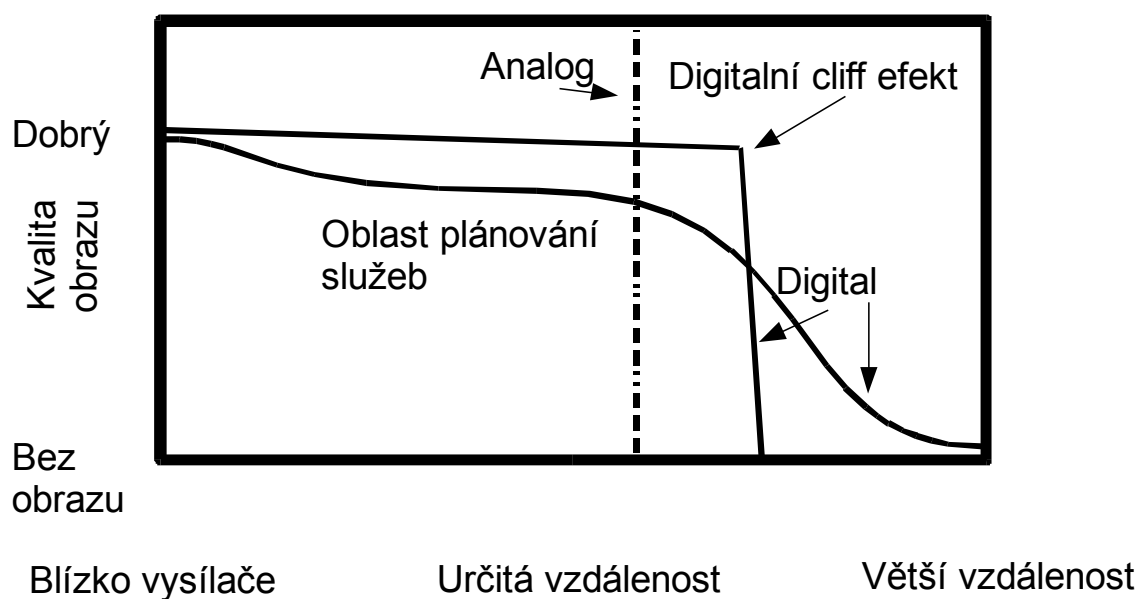
- v jednom kanálu o šířce 8 MHz se přenáší jen jeden TV program
- v místech, kde není přímá viditelnost, dochází k degradaci signálu nebo pod vysílačem je úplná takzvaná tma signálu, což se projevuje rušením jednoho programu do druhého. To zapříčiní, že jsou v obrazu duchy jednoho kanálu a sousedního nebo se na obrazovce vyskytuje kříž. A to je křížová modulace (jev, kdy je rušen příjem slabého vysílače silným kmitočtově blízkým vysílačem)
- na pokrytí určitého území jsou zapotřebí vysílače s poměrně vysokým vyzářeným výkonem (až 600 kW)
- sousední vysílače nemohou kvůli možnému rušení vysílat na stejném kanálu (ochranná vzdálenost je závislá na výkonu vysílačů), z toho značné nároky na kmitočtové spektrum.

Výhody DVB:

- pro diváky větší balíček programů, zvýšení kvality obrazu a zvuku, doplňkové služby
- pro průmysl stimulace nabídky na externí přijímače (SET TOP BOXY)
- pro provozovatele vysílacích sítí nabídka vyšších přenosových kapacit na mediální trh
- optimální využití kmitočtového spektra.

Nevýhody DVB:

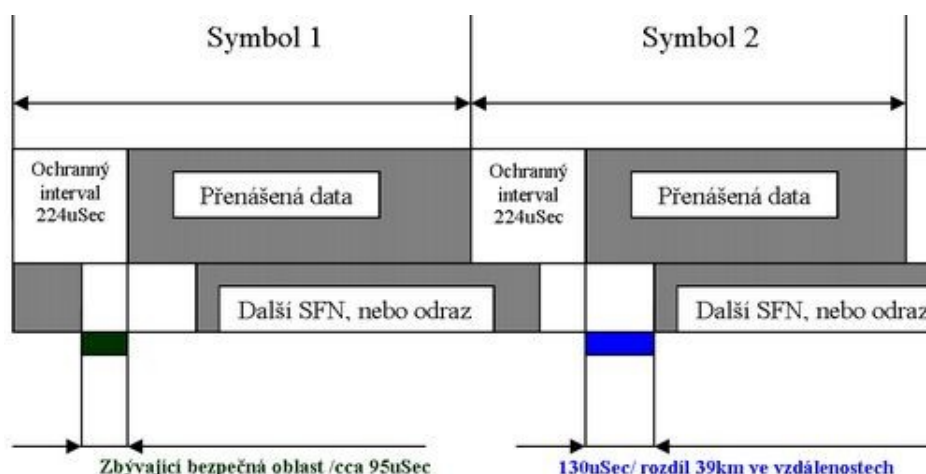
- pro diváky nutnost koupit digitální přijímač (SET TOP BOX) a rovněž anténu pro digitální příjem
- pro provozovatele značné nároky na digitalizaci studií z hlediska vstupního signálu, investice do dovybavení studií. Když je mnoho programů v jednom vysílacím multiplexu snižuje se bitový tok pro jednotlivé programy a může nastat „kostičkování“ a neostrost dynamických scén
- investice do vybudování vysílací sítě [1]



Obr. 10 - Porovnání analogové a digitální TV – z hlediska chování při poklesu kvality signálu

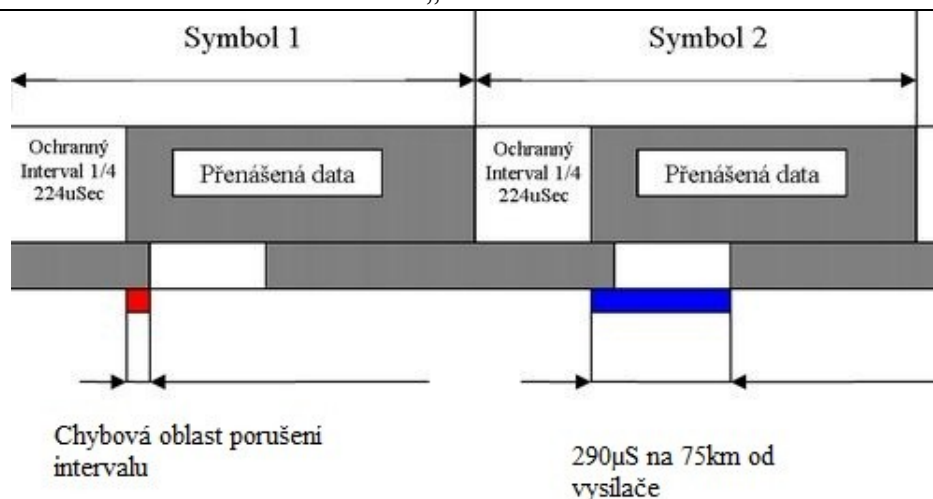
2 Jev známý jako „Pre-echo”

Tento jev je součástí SFN (jednofrekvenční sítě), která má jako nežádoucí efekt právě výše uvedený jev „pre-echo”. Jde o problém, který vzniká u digitálního signálu sítě SFN z více vysílačů, a to buď signály přímými od jednotlivých vysílačů nebo signály vzniklémi odrazy od jednotlivých překážek nebo atmosférických poruch. Výskyt jevu „pre-echo” znamená, že při příchodu signálu místního, který přichází na stranu přijímače jako první, se do cesty signálu postaví druhý signál, který je vzdálenější a má větší výkon v síti SFN. Pokud má tento druhý signál větší úroveň, může použitý DVB-T tuner označovaný jako SET-TOP-BOX mít tendenci odskakovat od přijímaného signálu a uživatel v místě příjmu sleduje jen rozpadající obraz svého digitálního přijímače. Jednotlivá data digitálního signálu jsou vysílána v časových úsecích, které jsou označovány jako symboly, které mají dvě části, jednou z hlavních částí jsou primární data o programech - datové sledy a druhá část tzv. ochranný interval. Tento ochranný interval zapříčiní, že v této době není vysílán žádný obsah nebo odraz signálu. Ochranný interval se vkládá proto, aby digitální přijímač měl možnost přijmout data nerušeně a bez problému je zpracovat a následně poskytnout digitální obraz. Veškeré, jak odražené či přímé signály (tedy symboly) se v tomto časovém úseku musí sloučit, aby nový interval začal od začátku nerušeně (tzv. datové ticho). Jelikož se v digitálním vysílání v Česku počítá s modulačním systémem 8k (6817 nosných v jednom TV kanálu širokého 8MHz), je ochranný interval nastaven na $\frac{1}{4}$ celkového intervalu symbolu, z čehož vyplývá, že délka ochranného intervalu je $224\mu\text{s}$. Teoretickým předpokladem je, že pokud na anténu dorazí všechny odražené nebo přímé signály v tento časový úsek, nemělo by dojít k žádnému nežádoucímu jevu a přijímač by měl korektně fungovat. Na Obr. 11 - Přesná doba ochranného intervalu je přesně vidět, kdy přijde na anténu signál, čas doby zpracování signálu a následně přenášená data.



Obr. 11 - Přesná doba ochranného intervalu

MĚŘENÍ „PRE-ECHA“



Na Obr. 12 - *Porušení ochranného intervalu* je již vidět, že je překročena doba ochranného intervalu, tudíž bude docházet k posunu signálu od samotného přijímače, dojde ke zkreslení signálu

Obr. 12 - Porušení ochranného intervalu

a nerovnoměrnému příjmu. Vzniká sled rozpadajících se kostiček a obrazový doprovod není jednotvárný, jak by účastník očekával.

Přibližme si více sítě SFN, je to jednofrekvenční síť, která je myšlena jako spojení více vysílačů, které mají naprosto stejný datový obsah, se stejnými technickými parametry, které se rovněž vysílají na stejném kmitočtovém pásmu; jedná se o úsporu kmitočtového pásma. Uvedeme některé její nevýhody a samozřejmě i výhody

Výhody SFN sítě:

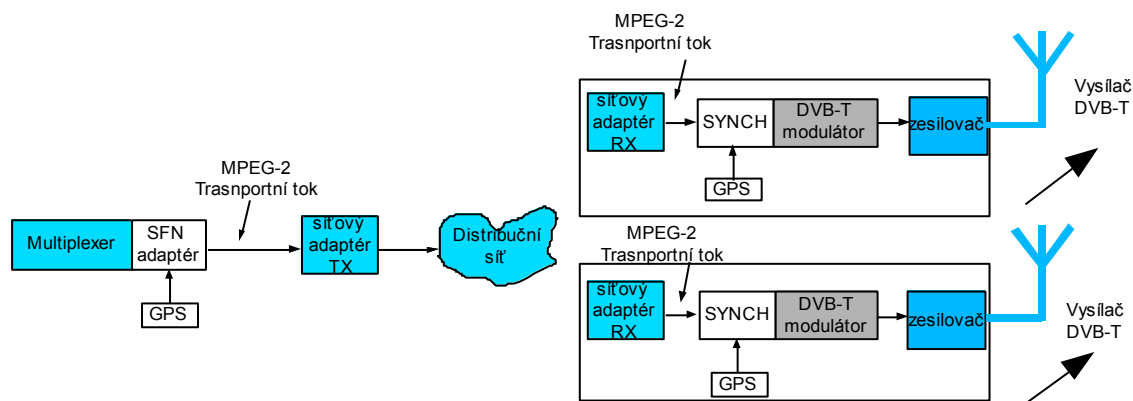
- využití kmitočtového pásma
- efektivnější vynaložení energie potřebné pro vysílání
- při výskytu úniku signálu v pokrytí je možné tyto úniky vyplnit

Nevýhody SFN sítě:

- vysílač, který porušuje pravidla sítě SFN je „rušičkou“
- je nevyhnutá synchronizace
- je nutné neustálé monitorování vlastností SFN

2.1 – Architektura SFN

Na Obr. 13 - Jednofrekvenční síť SFN, vidíme cestu signálu za kóděrem a multiplexorem je synchronizován v SFN adaptéru (GPS). Pak se transportní tok přivede k síťovému adaptéru, který je vstupem do distribuční sítě. Distribuční signál se přenáší buď satelitním spojem, radioreléovým spojem nebo přes optické rozhraní. Na pravé straně vysílače je síťový přijímač distribučního signálu, signál se synchronizuje signálem GPS. V budiči se vytvoří nosné signály COFDM, pak nosný kmitočet, který je modulován signálem COFDM. Výstupní vysokofrekvenční signál v analogové podobě je zesílen na požadovanou výkonovou úroveň a pak filtrován.



Obr. 13 - Jednofrekvenční síť SFN

2.2 – Potlačení jevu „Pre-echo“

K ovlivnění a stabilizaci digitálního signálu v rámci ochranného intervalu je nutné používat nejen pasivní prvky, což jsou již samotné UHF antény, ale rovněž i v použití různých dostupných digitálních přijímačů SET-TOP-BOX. Při sloučení dvou antén do systému je rovněž možným následkem porucha stability signálu. Je obtížné a zdouhavé přesně nastavit a vyzkoušet dostupné digitální přijímače. K odstranění tohoto jevu je vyzkoušení různých typů přijímačů, které disponují určitou citlivostí a stabilitou.

V současné době patří k nejlepším digitálním přijímačům DI-BOX T- 30, který je v rámci našeho měření nejstabilnější a nejcitlivější přístroj. Obstal v měření bitové chybovosti BER a rovněž v měření modulační chybovosti MER. Nesmí dojít ovšem k situaci, kdy při sloučení dvou antén použijeme kanálové propusti, které nemusí být díky nedostatečné ostrosti a případným předzesilovačům nestabilní, proto při spojení dvou antén dochází k nežádoucím vlivům, kdy na anténě je slabší signál, tím se projeví nežádoucí signály a dojde pak k neustálým odrazům.

3 *Výběr lokalit s potenciálním výskytem „pre-cha”*

Nejdříve si něco řekněme o stavu digitální televize v České republice. V těchto dnech se chystá plné zprovoznění vysílače digitálního signálu v Ostravě Hošťálkovicích, kde vzniká problém z hlediska sloučení s vysílačem na Ostravském vysílači z hladnovského vodojemu. Jelikož bude signál vysílaný z Hošťálkovic, což je Multiplex 1 moc silný a signál z multiplexu číslo 2, což je vysílač Hladnova moc slabý, musí se hledat kompromis, aby nedošlo k poruchám a nestabilitě signálu. Je třeba ubrat zesílení na některém vysílači nebo bude nutno posunutí antény směrem od vysílače multiplexu 1. Protože signál z tohoto vysílače bude silný, nemusí se směřovat k bližšímu vysílači.

Konkrétní údaje o mapách pokrytí:

K 1. listopadu 2009 přechází digitální zemské vysílání České televize multiplexu 1 na vysílači Ostrava – Hošťálkovice na plný výkon z nového anténního systému. Dostupnost veřejnoprávního multiplexu se všemi čtyřmi programy ČT se rozšíří na většinu území Moravskoslezského kraje.

Digitální zemské vysílání bylo možné na Ostravsku přijímat již od února 2006, tehdy v rámci přechodné sítě A s programy ČT a jedním komerčním TV Nova z vysílače Ostrava – Slezská Ostrava. První digitální vysílač své vlastní sítě 1 na severní Moravě uvedla Česká televize do provozu v říjnu 2008. Stal se jím městský vysílač pro Ostravu a nejbližší okolí rovněž na stanovišti Ostrava – Slezská Ostrava. Další vysílač pokrývající digitálním zemským vysíláním všech čtyř programů ČT podstatnou část severní Moravy měl být spuštěn dle vládního nařízení o Technickém plánu přechodu až v červnu 2010. České televizi se ale podařilo zajistit předčasné spuštění alespoň dočasným efektivním vyzářeným výkonem 14 kW ERP již k 1. březnu 2009, tedy o patnáct měsíců dříve.

V září 2009 České Radiokomunikace na hošťálkovickém vysílači nainstalovaly nový anténní systém, a tak od 1. listopadu 2009 může být vysílání multiplexu veřejné služby na 54. kanálu z této kóty převedeno na plný efektivní vyzářený výkon 100 kW ERP. Dostupnost digitálního zemského vysílání České televize se tak rozroste na většinu území Moravskoslezského kraje.

Síť 1- provozovaná Českou televizí šíří digitální zemské vysílání (DVB-T) multiplexu veřejné služby, která vysílá na kanálu 54(738MHz) – tedy programy ČT1, ČT2, zpravodajský ČT24 a sportovní ČT4 v digitální kvalitě, digitální doplňkové služby a stanice ČRO. Digitální zemské vysílání lze přijímat pomocí set-top-boxu nebo digitálního televizoru s DVB-T tunerem. Nezbytná je také nepoškozená, správně nasměrovaná pevná venkovní anténa (pokojová dostačuje jen ve výjimečných případech) a anténní svod z odpovídajícího, neponičeného koaxiálního kabelu. Zásadní potíže může působit nevyhovující zesilovač či rozbočovač signálu. Bezpodmínečně nutná je odborná úprava převážné většiny systémů společných televizních antén (STA) v bytových domech. V našem případě čili v Moravskoslezském kraji bereme v úvahu vysílače Hošťálkovice a Hladnov, které vysílají stejný datový obsah paketu České televize.

Síť 2- slouží pro další paket služeb přístupných do domácností v podobě dalšího multiplexu, čili datového obsahu, ve kterém se nachází paket pořadů NOVA, NOVA CINEMA, PRIMA, PRIMA COOL, BARANDOV

Síť 3- slouží pro další paket služeb přístupných do domácností v podobě dalšího multiplexu, čili datového obsahu, ve kterém se nachází paket pořadů PRIMA LOVE

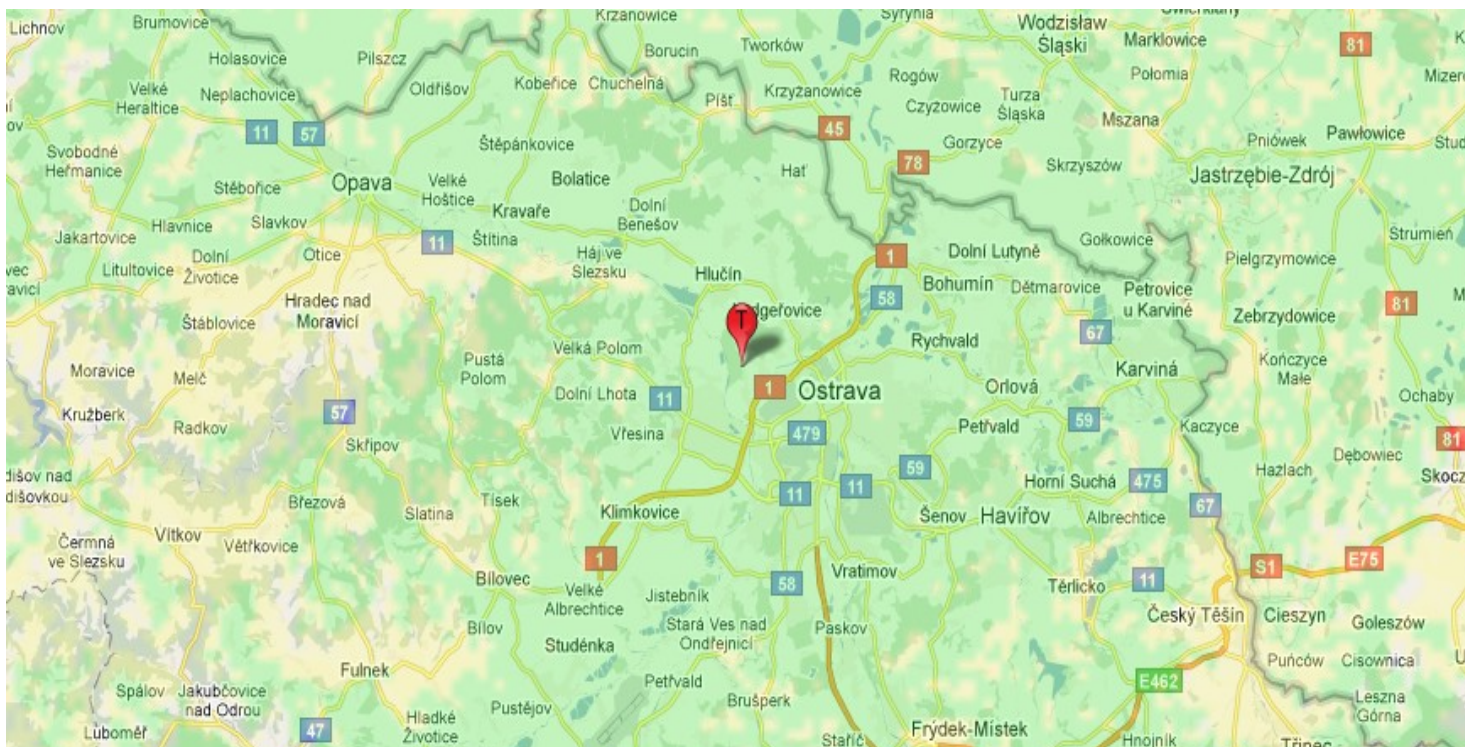
Síť 4 - slouží pro další paket služeb přístupných do domácností v podobě dalšího multiplexu, čili datového obsahu, ve kterém se nachází paket pořadů ÓČKO, NOVA HD, ČT HD



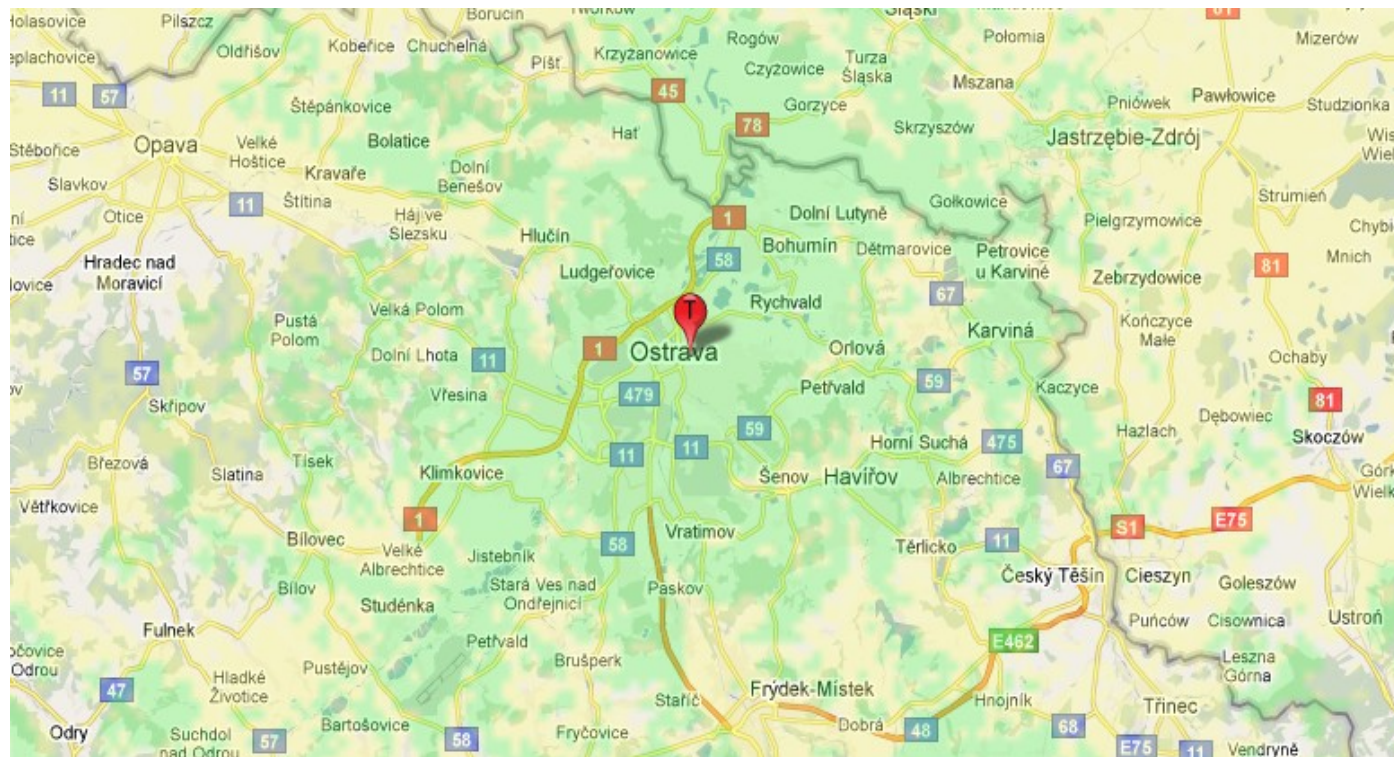
Obr. 14 - Měření „PRE-ECHA“

3.1 – Mapy pokrytí jednotlivých vysílačů v Moravskoslezském kraji

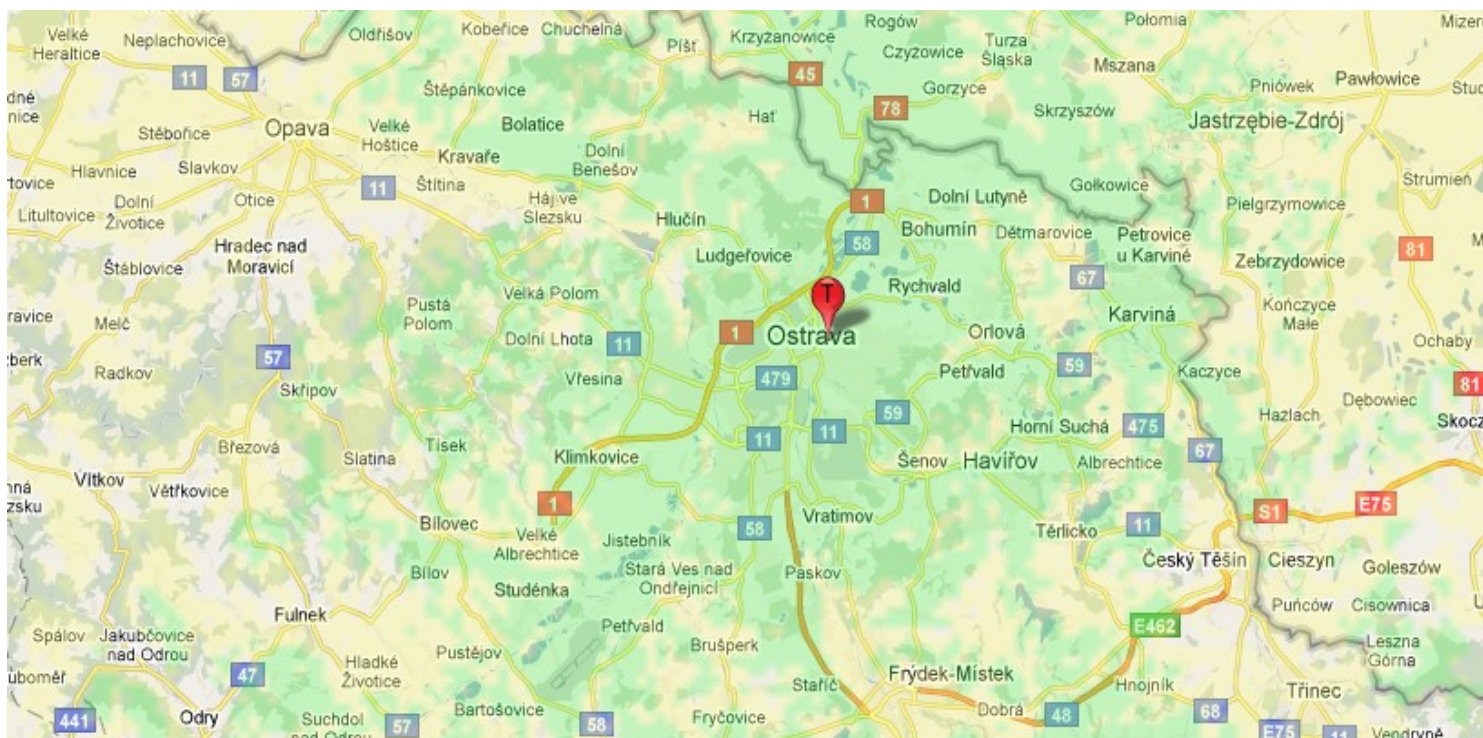
Jednou z předností z dostupných map pokrytí je třeba vysledovat, kde a s jakým odstupem vysílače do místa příjmu je ještě příjem digitálního signálu. Z jednotlivých obrázků (*obr.14-obr18*) vidíme dvě různé barvy pokrytí, jedná se o barvu žlutou a zelenou, kde žlutá barva představuje schopnost uživatele samostatné instalace digitálního příjmu a to tak, že použije dostupné pokojové antény, které je možno u prodejce s drobnou zálohou zapůjčit i více druhů na prozkoušení a sladění digitálního příjmu s přijímacím místem v dané lokalitě, kde je možný příjem signálu na tuto anténu. Pokud ovšem již nelze nastavit a sám uživatel není schopen naladit přesné parametry digitálního signálu v místě jeho výskytu, je poté nutné spojit se s montážní firmou a zde přichází varianta barvy zelené, která disponuje již menším ziskem, tudíž je nutné použít venkovní anténu s větším ziskem a je možno použít jak UHF širokopásmovou anténu, tak kanálovou. [7]



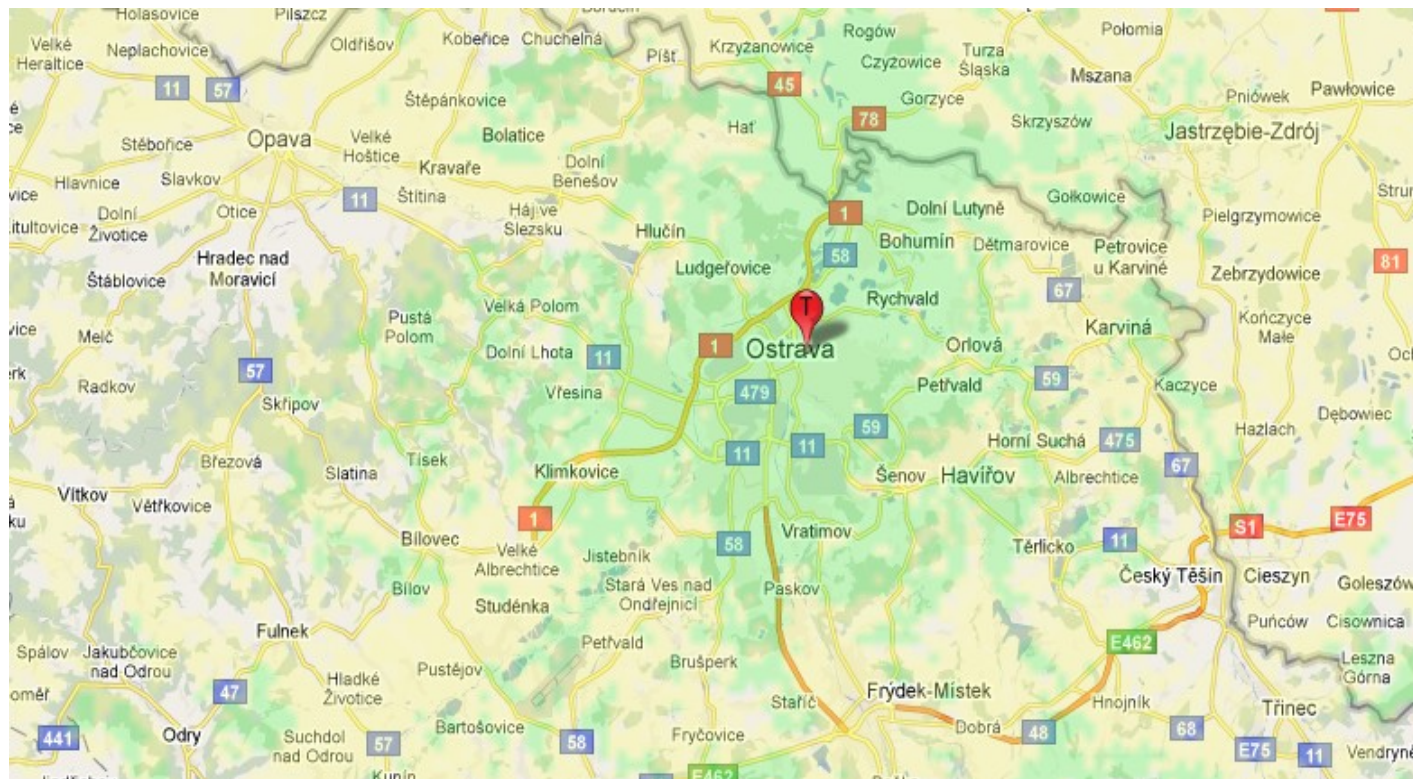
Obr. 15 - Mux 1-Ostrava Hošťálkovice 54



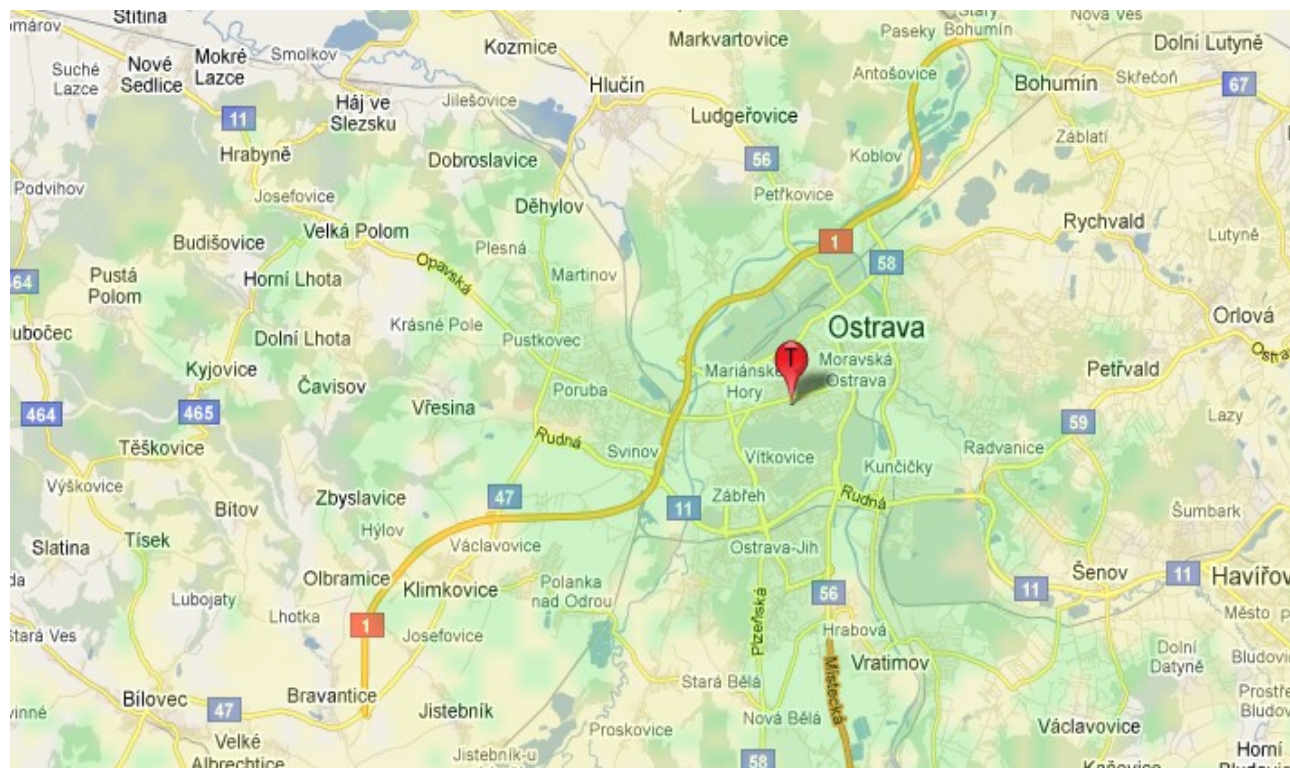
Obr. 16 - Mux 1 - Ostrava Slezská 54



Obr. 17 - Mux 2-Ostrava Slezská39



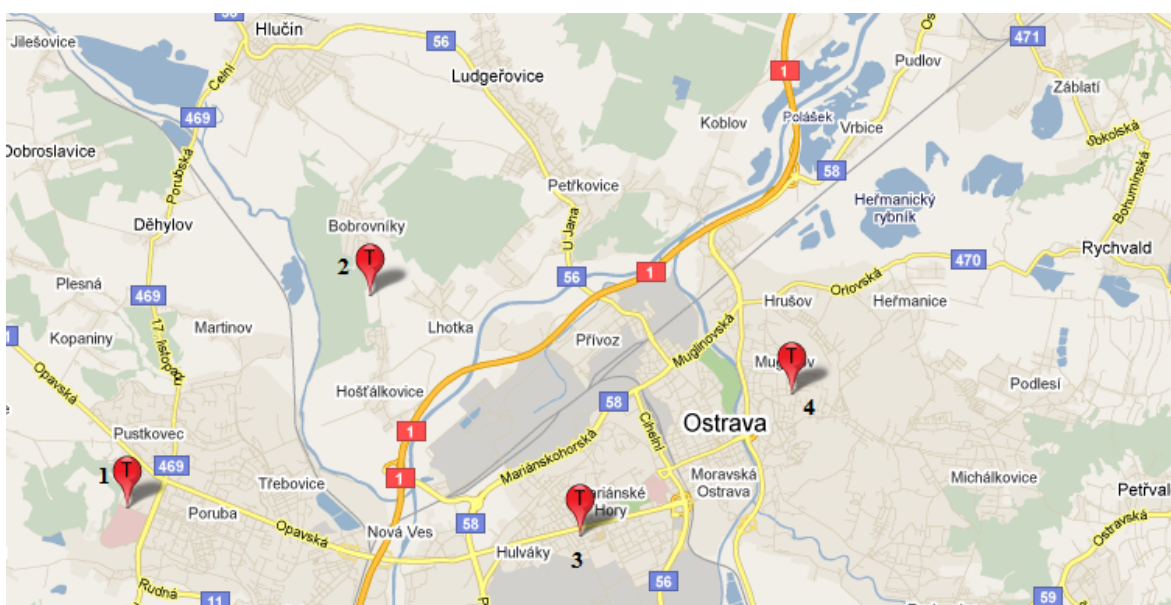
Obr. 18 - Mux 3 - Ostrava Slezská 32



Obr. 19 - Mux 4-Ostrava Máj 63

Přehled vysílačů v Moravskoslezském kraji:

Na Obr. 20 - Přehled a rozložení vysílačů v Moravskoslezském kraji vidíme jednotlivé vysílače v našem kraji. Jako jeden z prvních vysílačů je sice zvolen vysílač z katedry VŠB-TU Ostrava, který ovšem vysílá v normě DVB-H, která je zkušebním vysílám. Tato norma skýtá novou technologii a určitě významnou pro trh, který je nutné dnes a denně překvapit nějakým novým trendem. Jedná se totiž o digitální vysílání pro mobilní telefony, které sice nejsou tak praktické pro uživatele, ale určitě zajímavou možností sledování digitálních pořadů v menším měřítku. Mezi jednotlivé vysílače je jako jeden z nejvíce předpokládaných, který přichází v úvahu pro plné pokrytí v našem kraji, je vysílač z Hošťálkovic. [7]



Obr. 20 - Přehled a rozložení vysílačů v Moravskoslezském kraji

- 1 – VŠB-TU Ostrava
- 2 - Ostrava Hošťálkovice
- 3 - Ostrava ulice 1. máje
- 4 - Ostrava Slezská Hladnov

V tab. 1. uvádím výběr dostupných vysílačů a výkonové spektrum. Mezi nejvíce dostupné vysílače podle výkonového spektra patří Ostrava-Hošťálkovice a hladnovský vysílač, které svými parametry dosahují kvalitních výsledků pokrytí v našem kraji. Nejvíce obsažený vysílač pro datová pásma kanálu je vysílač Hladnov, který disponuje kanály 32, 39, 54 s obsahem paketů kanálů: PUBLIC TV, PRIMA LOVE, NOVA, NOVA CINEMA, PRIMA, PRIMA COOL, BARANDOV, ČT1, ČT2, ČT24, ČT4. Na obrázcích 20, 21, 22, 23 a 24 jsou zakresleny do mapy Moravskoslezského kraje vysílače Hošťálkovice, ostravského Hladnova a jako poslední Ostrava-Máj, který má sice nejmenší možný výkon, ovšem je nutné s tímto zkušebním vysílačem počítat, ale rovněž v místě příjmu je nutné provést měření, zda v lokalitě se tento signál nalézá či nikoliv. [7]

Tab. 1 - Přehled pozic a výkonů vysílačů

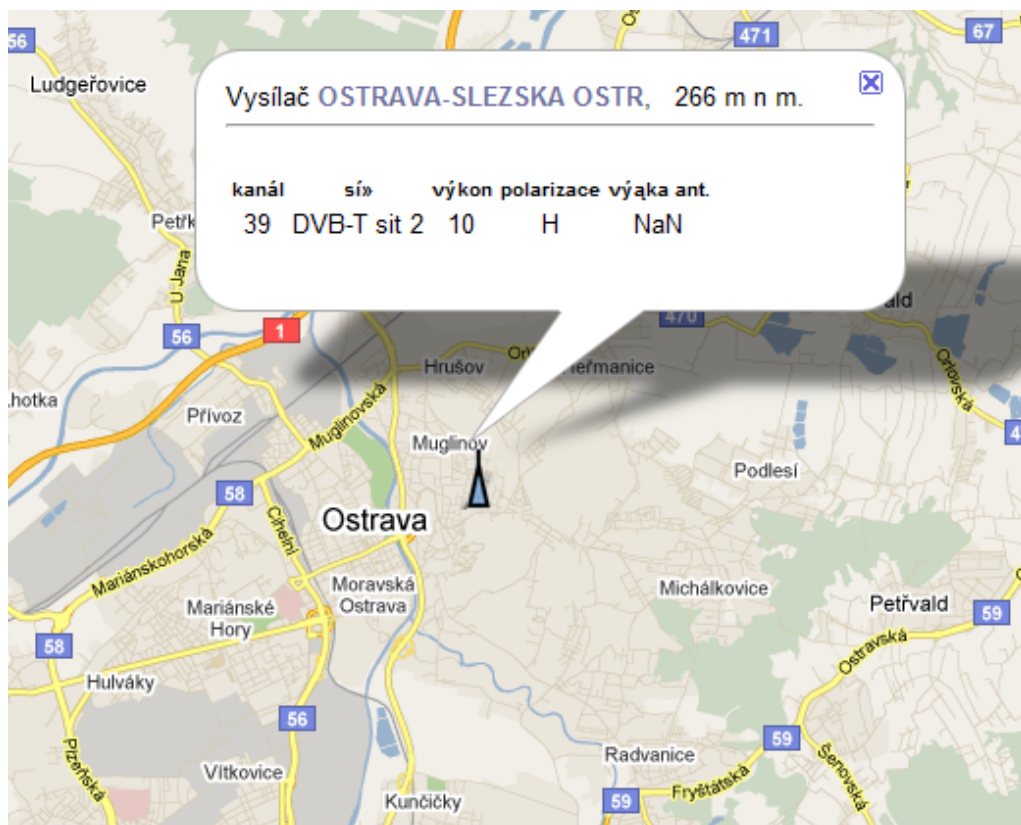
Vysílač	Kanál	Polarizace	Mux-Síť	V .délka	S. šířka	NV [m]	Erp [W]	Druh
Ostrava - Hošťálkovice	54	H	1	18°12'45''	49°51'41''	287	100 000	DVB-T
Ostrava - Katedra	46	H	Test DVB-H	18°09'30''	49°49'54''	267	199	DVB-H
Ostrava - Máj	63	H	4	18°15'32''	49°49'39''	227	794	DVB-T
Ostrava - Slezská	39	H	2	18°18'19''	49°50'51''	266	10 000	DVB-T
Ostrava – Slezská	32	H	3	18°18'19''	49°50'51''	266	1995	DVB-T
Ostrava-Slezská	54	H	1	18°18'19''	49°50'51''	266	10 000	DVB-T



Obr. 21 - Poloha vysílače Hošťálkovice



Obr. 22 - Poloha vysílače Hladnov



Obr. 23 - Poloha vysílače Hladnov



Obr. 24 - Poloha vysílače Ostrava - Máj

Na jednotlivých obrázcích 20 až 23 vidíme přesná místa jednotlivých uvedených vysílačů v tabulce a zaspány i jednotlivé kanály s multiplexy, které vysílače obsahují. [7]

Měření signálu:

Měření bylo provedeno na půdě rodinného domu, antény byly upevněny na vnitřní stožár. Antény jsou směřovány tak, aby byl digitální signál kvalitní a co možná nejlepší.

V podkroví je signál slabší z hlediska viditelnosti na vysílač. Pokud by byla střecha kovová, nebylo by vůbec možné přijímat digitální vysílání. V příjmu digitálního signálu je i důležitá věc, že digitální vysílání je přímo úměrné terénu. Takže pokud je někde pod vysílačem nebo pod kopcem, je úroveň signálu slabá a je možné, že signál je nedostatečný. V tomto případě se tento problém řeší formou DVB-S, což je satelitní vysílání. Pokud je anténa pod střechou, což je v našem případě, provedli jsme srovnání digitálního vysílání s analogovým. Na obrazovce digitálního televizoru je zjevné hned na první pohled rozdíl mezi jednotlivými výše uvedenými případy.

U digitálního vysílání odpadá použití většího počtu antén a slučovačů. U digitálního signálu, který je popsán výše, je z hlediska diváka velmi kvalitní a zvuková stopa a možnost sledování většího počtu kanálů, je to velká výhoda oproti analogovému vysílání.

Je pravdou i ta skutečnost, že není možné použít jakoukoliv anténu. V našem případě jsem vyzkoušel dvojici antén, které patří ke špičkám na trhu.

3.2 – Specifické místa lokalit s výskytem „pre-echa“ a jejich terénní profil s údaji a souřadnicemi při změření impulsní odezvy jednotlivých zvolených UHF antén

K hlavním příčinám nekvalitních doprovodných jevů digitálního signálu patří známé kostičkování nebo atmosférické poruchy. Pro správnou činnost DVB-T přijímačů je nutné použít kvalitní UHF antény nebo kanálové antény. Každá anténa má jiný zisk a jiné uspořádání prvků a mnohdy velice zajímavé tvary. Někteří zákazníci požadují antény, které jsou velice precizní a výkonné. Mezi nejoblíbenější anténu patří tzv. LOGARO, které svou velikostí a ziskem je nejlepší. Anténa TAP 20 je sice s největším ziskem zařazena do antén výkonových, je však velice náchylná na odrazy od různých budov a překážek. Ovšem specifikujeme možný problém u antény TAP 20 až při naměřených hodnotách. Na obrázcích 24 až 26 uvádím vizuální doprovod k jednotlivým anténám.

Vybrané UHF antény a jejich specifikace:

Logaritmicko-periodická anténa:

Kanály 21 – 60

Zisk cca 10 dB

Snadná instalace, připojení na koaxiální kabel 75 ohm bez symetrizačního členu [5]



Obr. 25 - Logaritmicko-periodická anténa

Anténa TAP 12:

Kanál 21 – 60

Zisk cca 10dB

Snadná instalace, připojení na koaxiální kabel. 75 ohm [5]



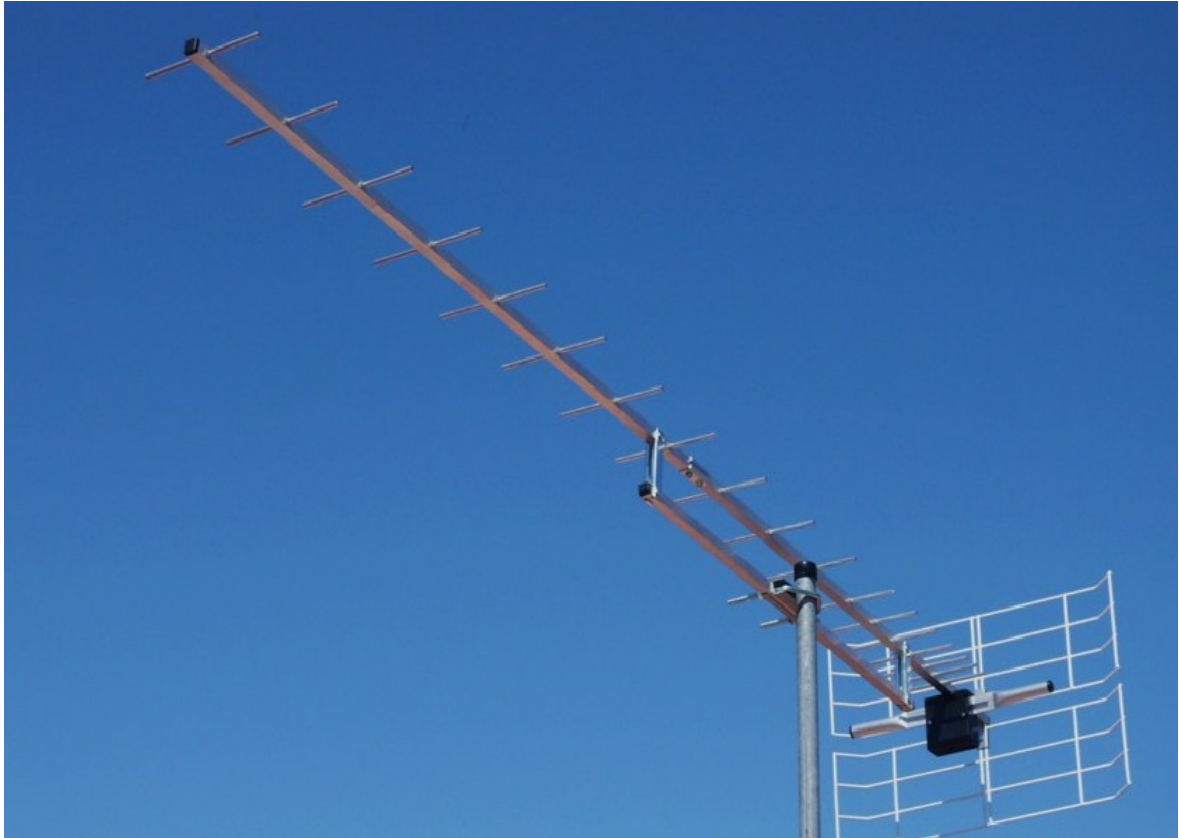
Obr. 26 - Anténa Tap 12

Anténa TAP 20

Kanál 21 – 60

Zisk cca 12dB

Snadná instalace, připojení na koaxiální kabel 75 ohm [5]



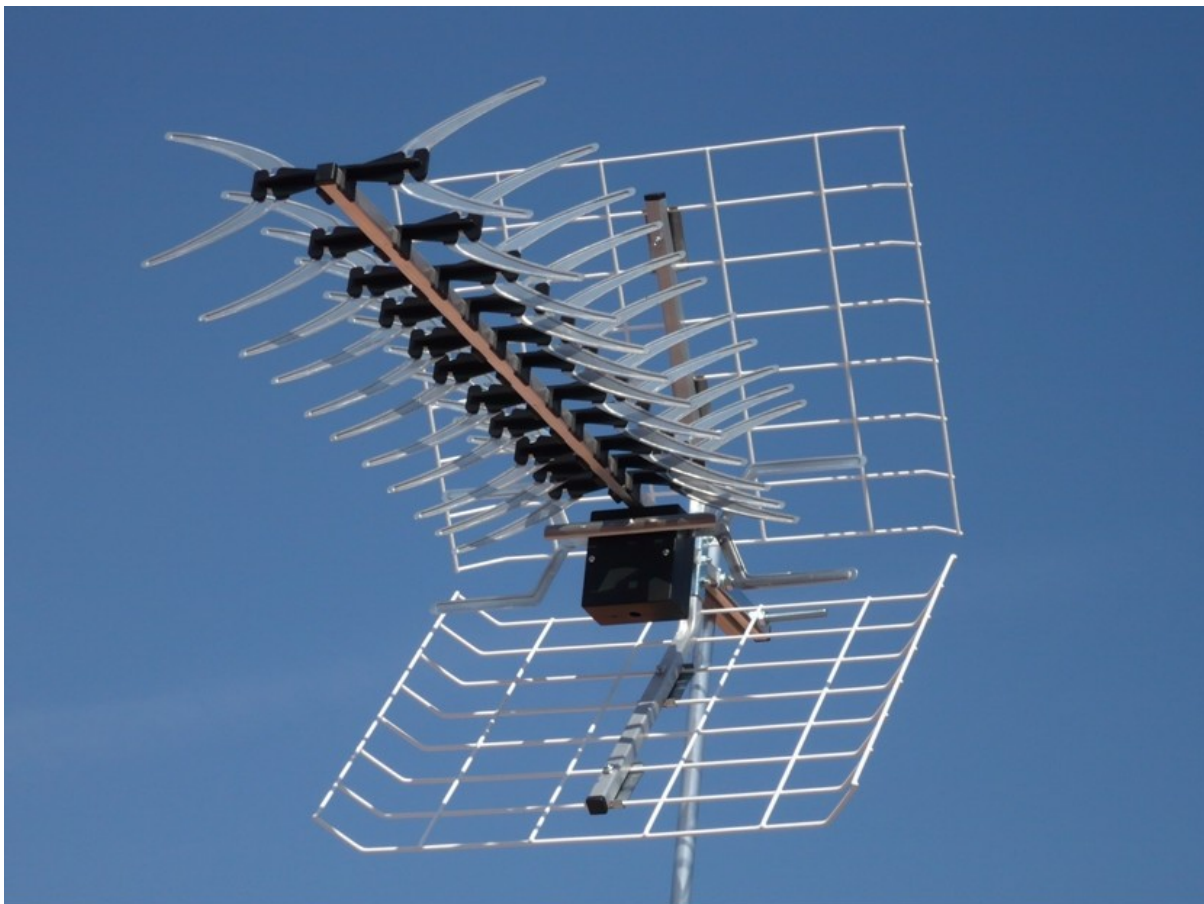
Obr. 27 - Anténa Tap 20

Anténa Color Standard +

Kanál 21 – 60

Zisk cca 12,5dB

Snadná instalace, připojení na koaxiální kabel 75 ohm [5]



Obr. 28 - Anténa Color Standard +

Vybrané DVB-T přijímače:

DIBOX -T 30 – obr. 28.

Tento přijímač z hlediska výkonnosti patří mezi nejcitlivější a nejstabilnější SET-TOP-BOXY vůbec, je to velice precizní a velice robustní přístroj, který v rámci softwarového uspořádání je velice šikovný i intuitivní zároveň.

Přijímač pro pozemní digitální vysílání s plnou podporou češtiny. Nový design s efektním černým předním panelem.

UHF modulátor vám umožní připojit tento přijímač i ke starším televizorům bez konektoru Scart. [6]



Obr. 29 - Dibox-T30

Optex Starcom 8893 HD – obr. 29.

Tento digitální přijímač již disponuje vysílací normou HD a možnost připojení přes HDMI kabel, což je velice praktické, bereme-li v potaz velkou preciznost a velký počet nežádoucích vlivů, je tento DVB-T přijímač vsutku precizně provedený.

DVB-T přijímač MPEG2 / MPEG4 s HDMI výstupem a USB konektorem pro nahrávání pořadů na externí disk. [6]



Obr. 30 - Optex Starcom 8893HD

Shinelco DTD 210 - obr. 30.

Tento DVB-T přijímač je sice velice rozmanitý svou softwarovou výbavou, ovšem již není tak dobře vybaven citlivostí tuneru. Přijímač je použitelný spíše tam, kde je signál stabilní, nejlépe se tento přijímač uplatní při použití pokojové antény DVB-T přijímač s vestavěným USB digitálním videorekordérem a přehrávačem. Zajišťuje příjem obrazu, zvuku, teletextu a dalších informací, šířených v digitální formě prostřednictvím pozemského digitálního vysílání (DVB-T). [6]



Obr. 31 - Schninelco DTD210

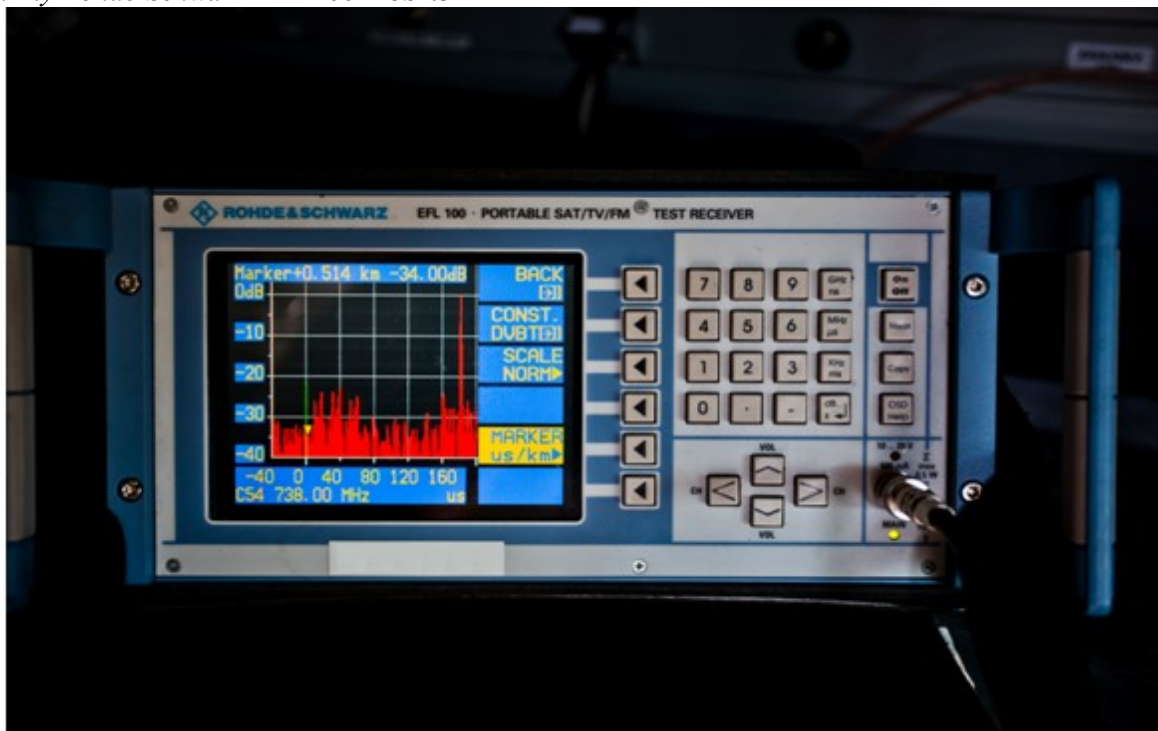
Evolve DT 1205 - obr. 31.

Je zařazen mezi nejhorší DVB-T přijímače ve své kategorii. Jeho nabídka je spíše přizpůsobena pro nahrávání kanálů, tuner u tohoto přijímače je velice náchylný na odrazy a nestabilita signálu při atmosférických poruchách je tristní. Moderní přijímač televizního a rádiového digitálního vysílání DVB-T obsahuje automatické vyhledávání, rodičovský zámek, časovač zapnutí, časovač spánku. [6]



Obr. 32 - Evolve DT 1205

Měření impulzní odezvy ve spolupráci s Českým telekomunikačním úřadem byl použit přístroj od firmy Rohde-Schwarz EFL 100 – obr.32



Obr. 33 - Rohde Schwarz EFL 100

Základní funkce:

- Přístroj monitoruje datový tok
- Přístroj monitoruje parametry jednokmítových sítí SFN
- Datové toky s přenosovou rychlostí až do 214Mbit/s
- Možnost záznamu transportního toku
- Analýza transportního toku
- Analýza přenosové rychlosti
- Analýza vysílaných dat
- Paměť až 160GB
- Knihovna s testovacími signály
- Vytvoření transportního toku pomocí softwaru
- Široký rozsah vstupních a výstupních kmitočtů

Vstupní rozhraní:

- ASI
- SPI

DVB-T

- 2k a 8k(COFDM)
- Šířka pásma 6/7/8 MHz
- Hierarchické kódování

Vybrané místo I - Dobroslavice

S pomocí interaktivní mapy vysílačů DVB-T jsem v sekci vzdálenosti a terénního profilu při zákrytu vysílače Hladnov a Hošťálkovice určil přesně místo měření, a to obec Dobroslavice. Na obr. 33 vidíme přesně definované body jednotlivých vysílačů a na obr. 34 je jen dokreslení situace přímo na zvětšeném pohledu. Na dalším obr. 35 vidíme terénní profil od místa měření k vysílači Hladnov a na obr. 36 terénní profil k vysílači z Hošťálkovic. Na obr. 37 je vidět vzdálenost vysílače na pozici 0, což je vysílač Hošťálkovice a vzdálenost k vysílači Lysá Hora je 35,8km vzdušnou čarou, tento vysílač se dostal do záchytného pole, jelikož na místě lokality Dobroslavice je vizuálně vidět Lysá hora. Obr. 38 zachycuje vzdálenost mezi vysílači Hošťálkovic, obr. 39 znázorňuje vzdálenost vysílače Hladnov, který činí 6,599km. Na obrázcích 38, 39 nevzniklo pre-echo, ovšem na anténě TAP20 je velice tristní odezva na překážky, která je evidentně veliká. Na obr. 33 je měření zbývajících antén, které nevykazovalo žádnou poruchu signálu, odrazy nebo poruchy v atmosféře. V tab. 2 je vidět, že jako jediný DVB-T přijímač, který systematicky fungoval bez problémů, je DIBOX T30 a k nejhorším patřil DVB-T přijímač EVOLVE DT1205. [7]

GPS souřadnice měřeného místa:

délka 18°10'20'' šířka 49°52'3''

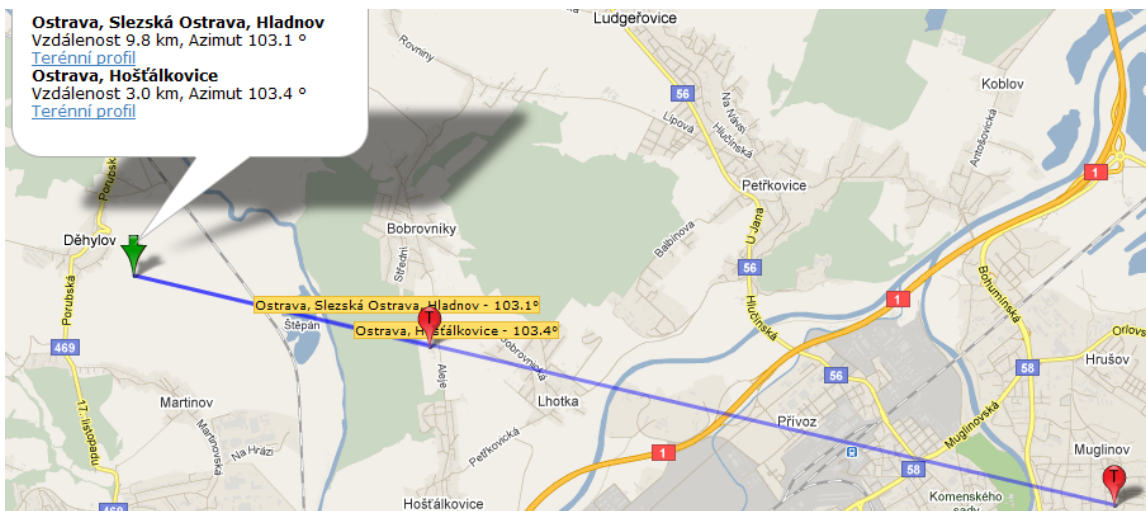
nadmořská výška 268 m

Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 9,8km Hladnov

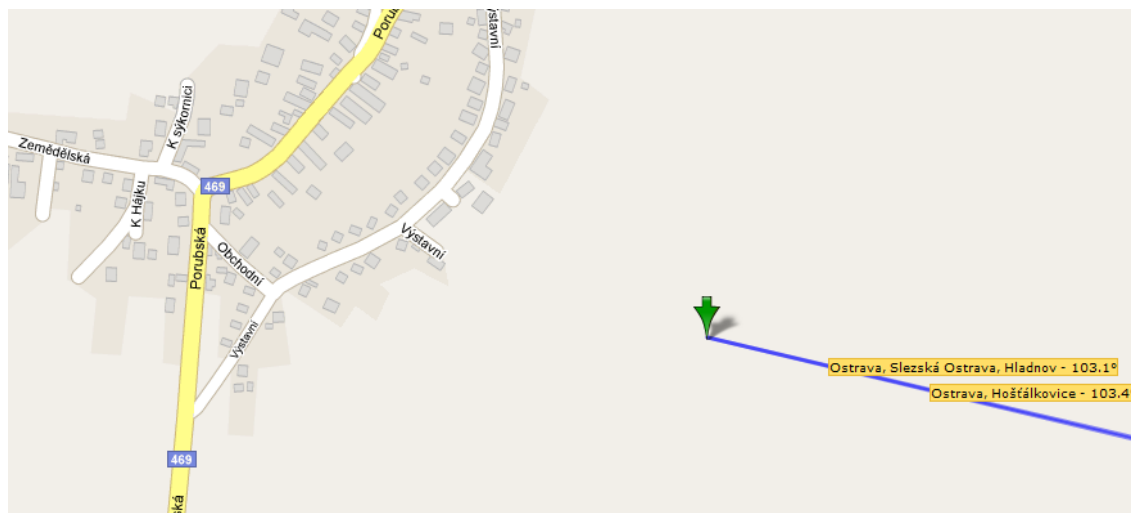
Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 2,9km Hošťálkovice

GPS souřadnice Vysílače Hladnov: délka 18°18'19'' šířka 49°50'51''
nadmořská výška 266 m

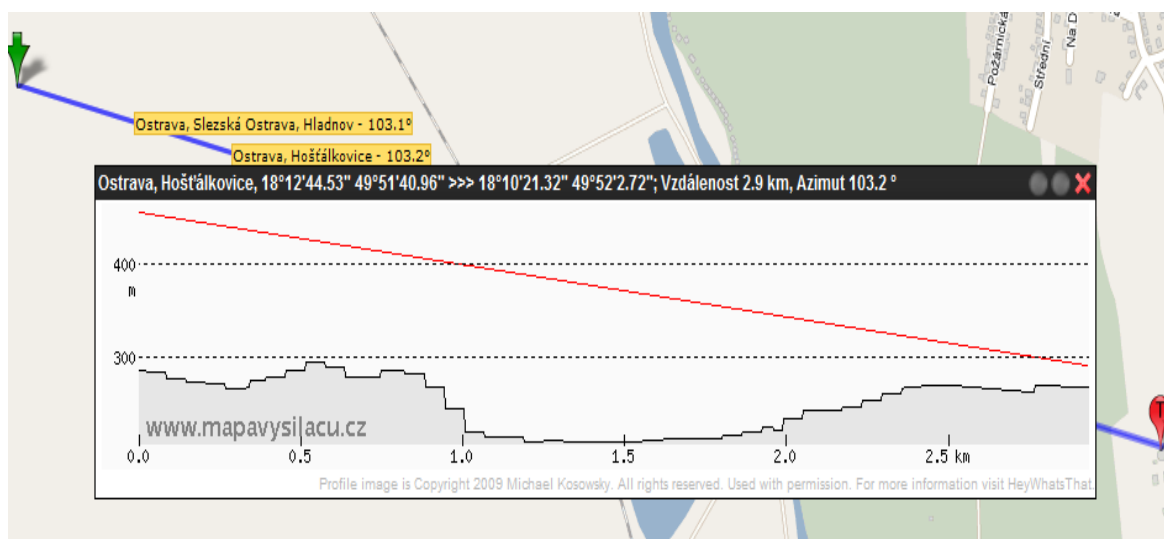
GPS souřadnice Vysílače Hošťálkovice: délka 18°12'45'' šířka 49°51'41''
nadmořská výška 287 m



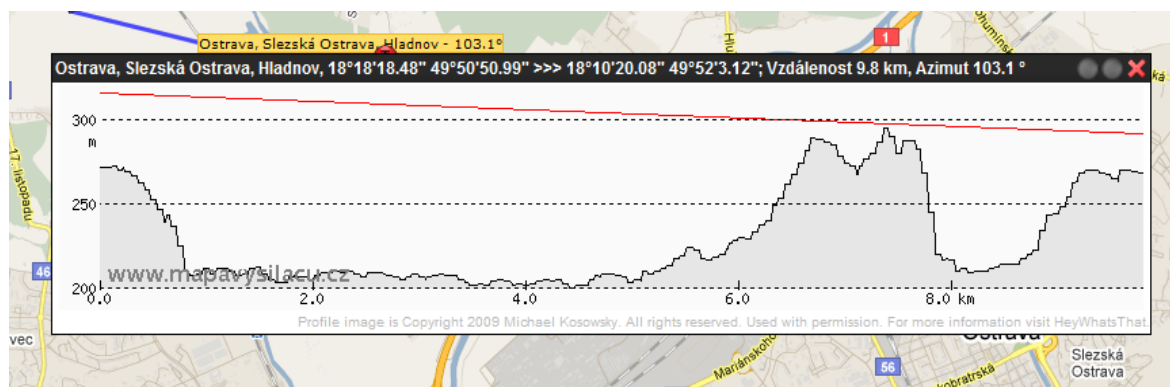
Obr. 34 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů



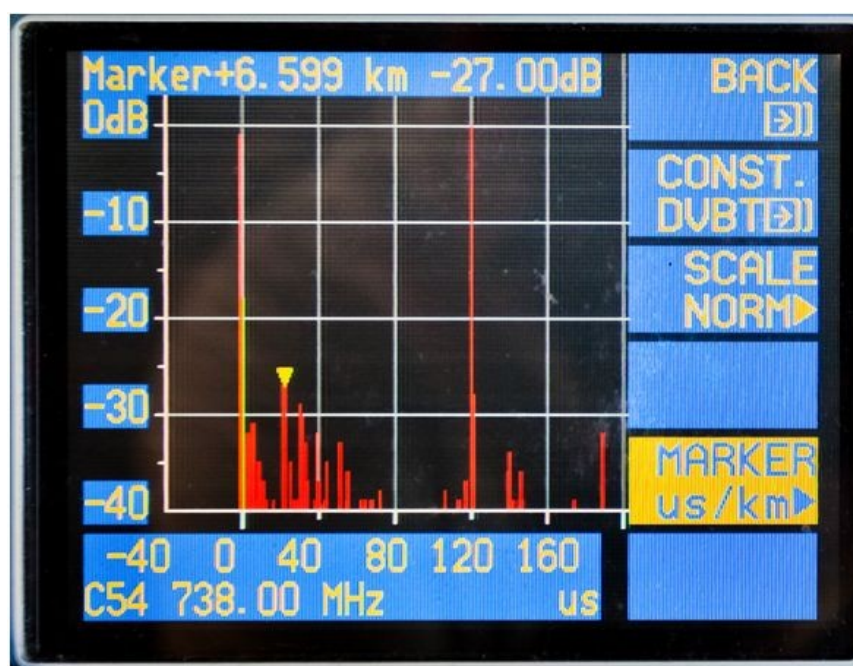
Obr. 35 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)



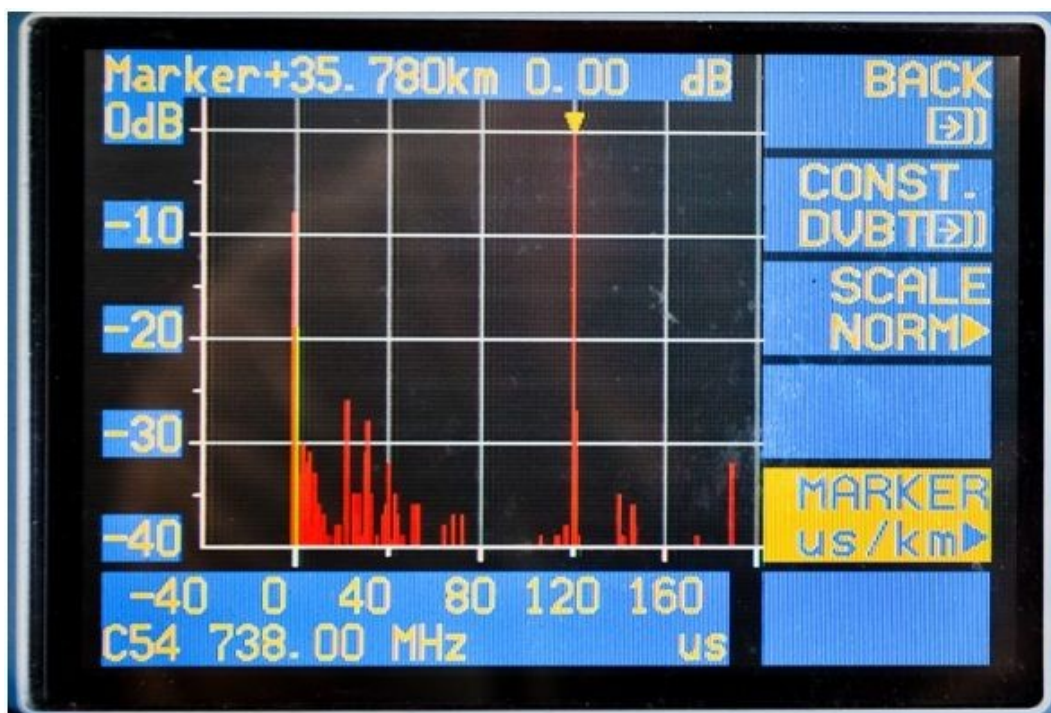
Obr. 36 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Hošťálkovice



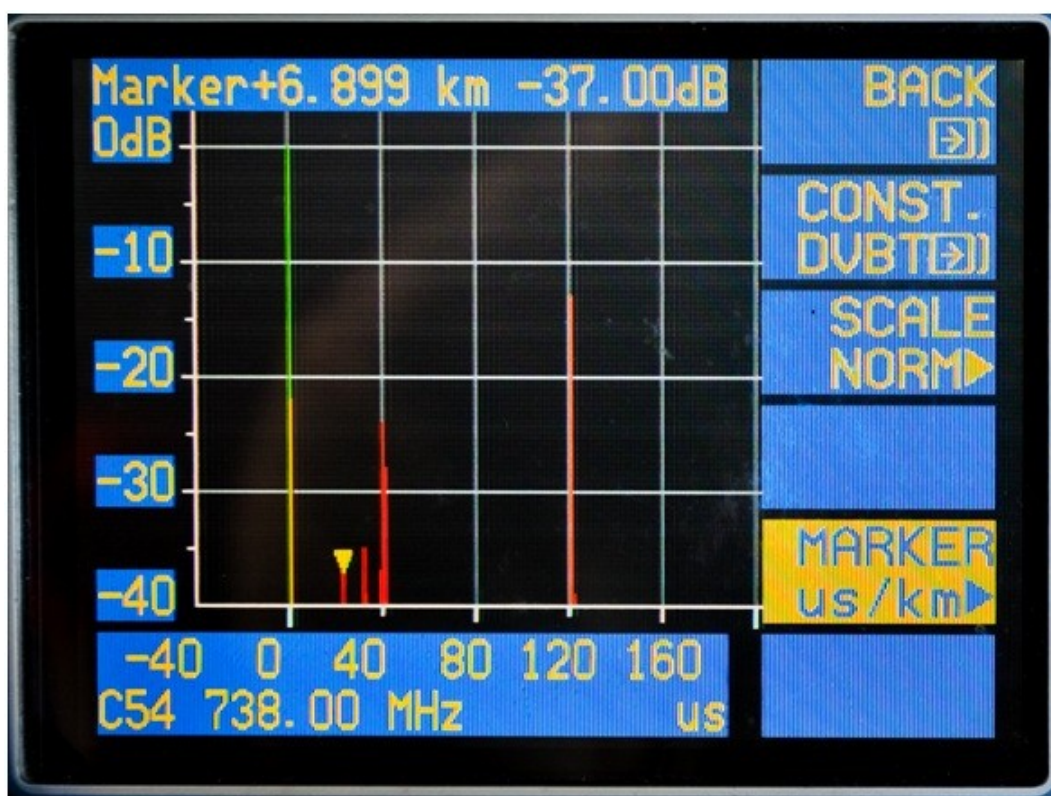
Obr. 37 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Slezská



Obr. 38 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Hladnov(anténa TAP20)



Obr. 39 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Lysá hora (anténa TAP20)



Obr. 40 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Hladnov (anténa LOGARO)

Měření digitálních přijímačů DVB-T – Lokalita Dobroslavice

Tab. 2 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Anténa	DVB-T přijímač	MER [db]	BER [-]	„Kvalita signálu ” [%]	Práh kostičkování STB[%]	Práh naladění [%]
LOGARO	Di-Box T30	43,3	1,00E-01	99	40	37
	Optex 8893HD	43,3	1,00E-01	94	55	41
	Shinelco DTD 210	43,3	1,00E-01	87	63	55
	Evolve DT-1205	43,3	1,00E-01	97	51	48
Tap TP7D	Di-Box T30	32	1e-06V	96	45	48
	Optex 8893HD	32	1e-06V	73	59	52
	Shinelco DTD 210	32	1e-06V	83	66	57
	Evolve DT-1205	32	1e-06V	93	71	62
Tap 20	Di-Box T30	35,3	1E-02 C	94	46	43
	Optex 8893HD	35,3	1E-02 C	85	64	55
	Shinelco DTD 210	35,3	1E-02 C	87	66	54
	Evolve DT-1205	35,3	1E-02 C	95	76	69
Color Standard +	Di-Box T30	42,4	4,00E-05	96	45	44
	Optex 8893HD	42,4	4,00E-05	86	65	55
	Shinelco DTD 210	42,4	4,00E-05	85	68	53
	Evolve DT-1205	42,4	4,00E-05	97	64	53

Vybrané místo 2- Komenského sady

V druhém případě jsem volil místo, které je mezi oběma vysílači ve středu vysílacího pole. V místní lokalitě jsem směřoval antény tak, že jsem namířil anténu proti vysílači Hladnov.

Jak se přesně jednotlivé vysílače překrývají s místem, vidíme na obr. 40 s přesně definovanými body jednotlivých vysílačů a na obr. 41 je jen dokreslení situace přímo na zvětšeném pohledu. Na dalším obr. 42 vidíme terénní profil od místa měření k vysílači Hladnov a na obr. 43 terénní profil k vysílači z Hošťálkovic. Obr. 44 zachycuje silné zarušení antény TAP20, která v doprovodu zastavěné lokality se odráží evidentně od plechových střech a kostelních věží. Sice na digitálních přijímačích se rušení neprojevílo, ale je velice pravděpodobné, že při větších atmosférických zhoršených podmínkách v podobě blesků a podobně může docházet k poruchám i samotných DVB-T přijímačů. V našem měření ovšem nesmírnou měrou přispěla k jevu pre-echo anténa Color standard +, která je evidentně náchylná na silnější signál a z důvodu velkého výkonu vysílače Hošťálkovic si nedokázala společně s digitálním přijímačem EVOLVE DT1205 poradit při jevu pre-echo a následoval rozpad obrazu. Z tab. 3 je jasné vidět nestabilita signálu, přijímač se nedokázal s pre-echem vypořádat a porušením ochranného intervalu nebyl schopen tuner výše uvedeného přijímače přijmout digitální signál. Tento DVB-přijímač v dané lokalitě společně s anténou Color patřil mezi nejhorší možný výběr. [7]

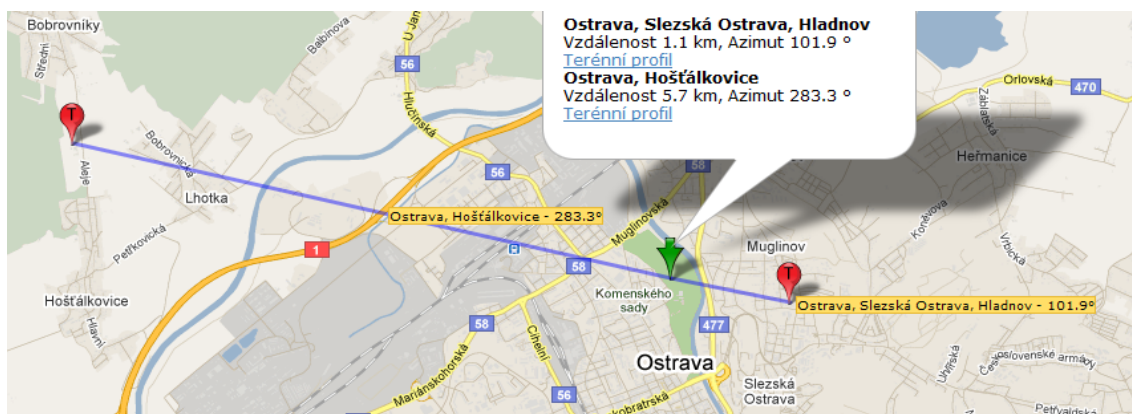
GPS souřadnice měřeného místa: délka 18°17'28'' šířka 49°50'58''
nadmořská výška 211 m

Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 1,1km Hladnov

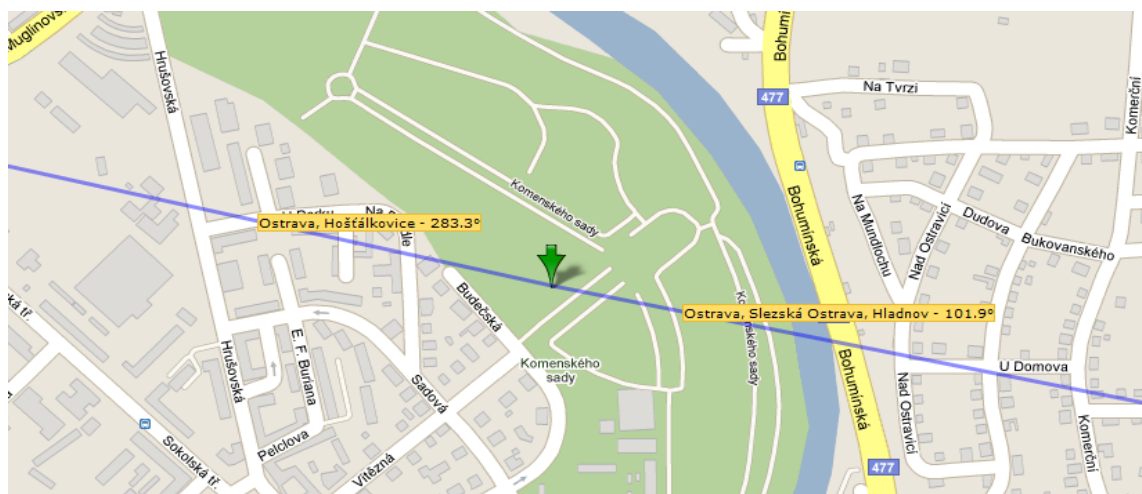
Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 5,7km Hošťálkovic

GPS souřadnice Vysílače Hladnov: délka 18°18'19'' šířka 49°50'51''
nadmořská výška 266 m

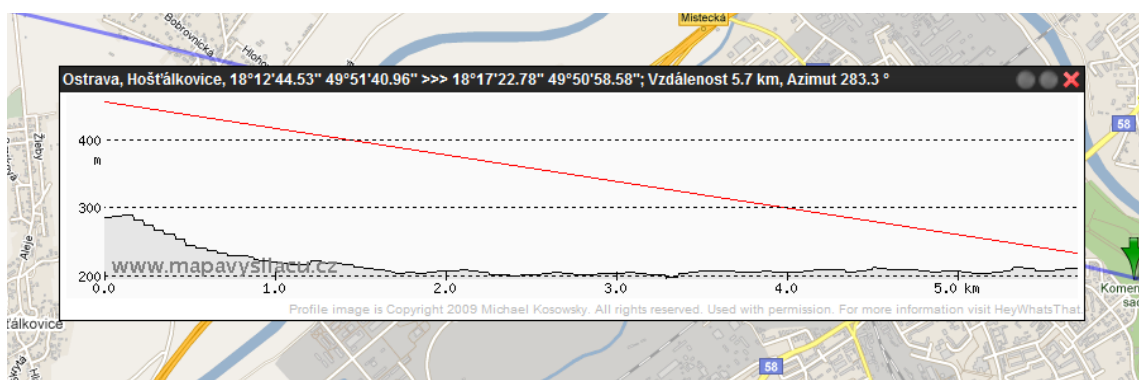
GPS souřadnice Vysílače Hošťálkovic: délka 18°12'45'' šířka 49°51'41''
nadmořská výška 287 m



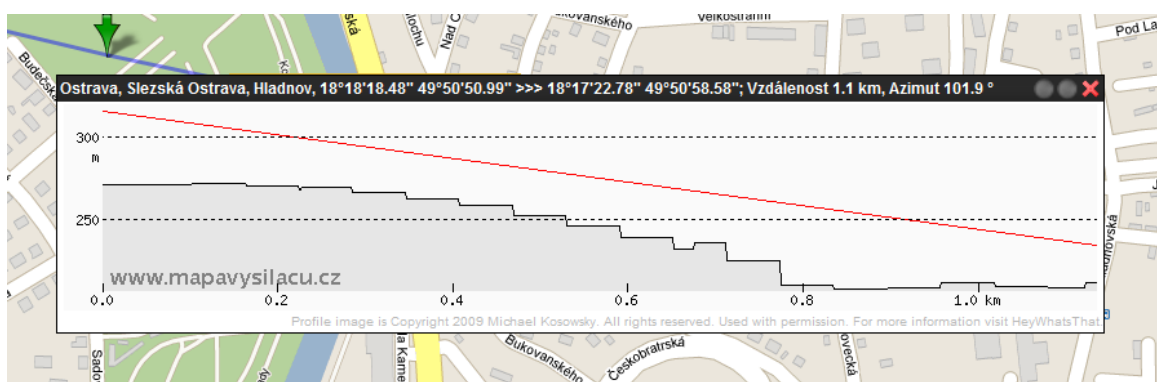
Obr. 41 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů



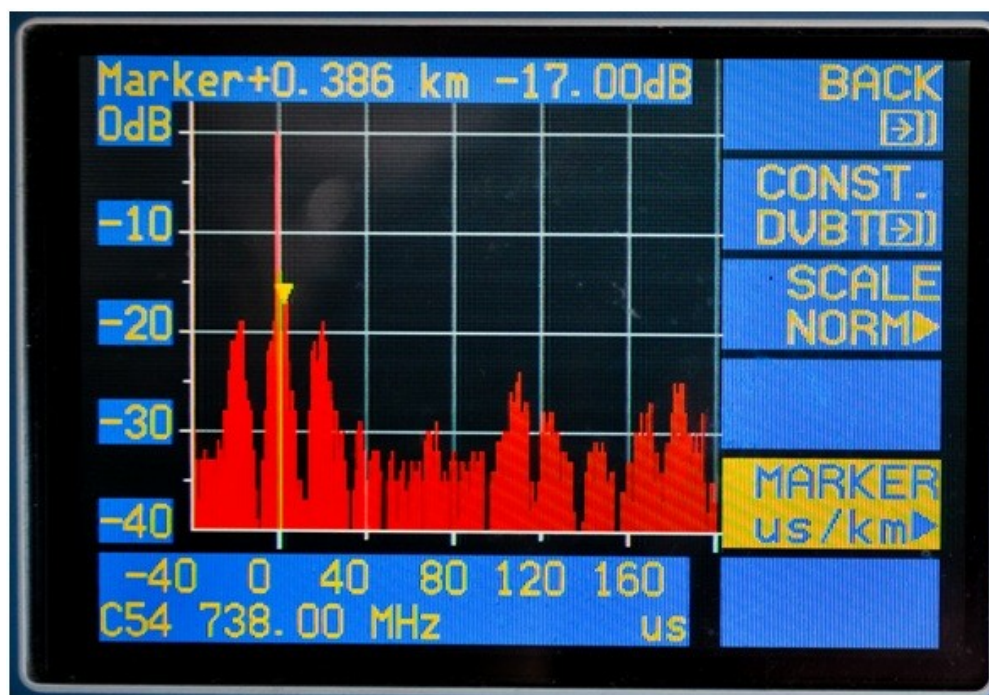
Obr. 43 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)



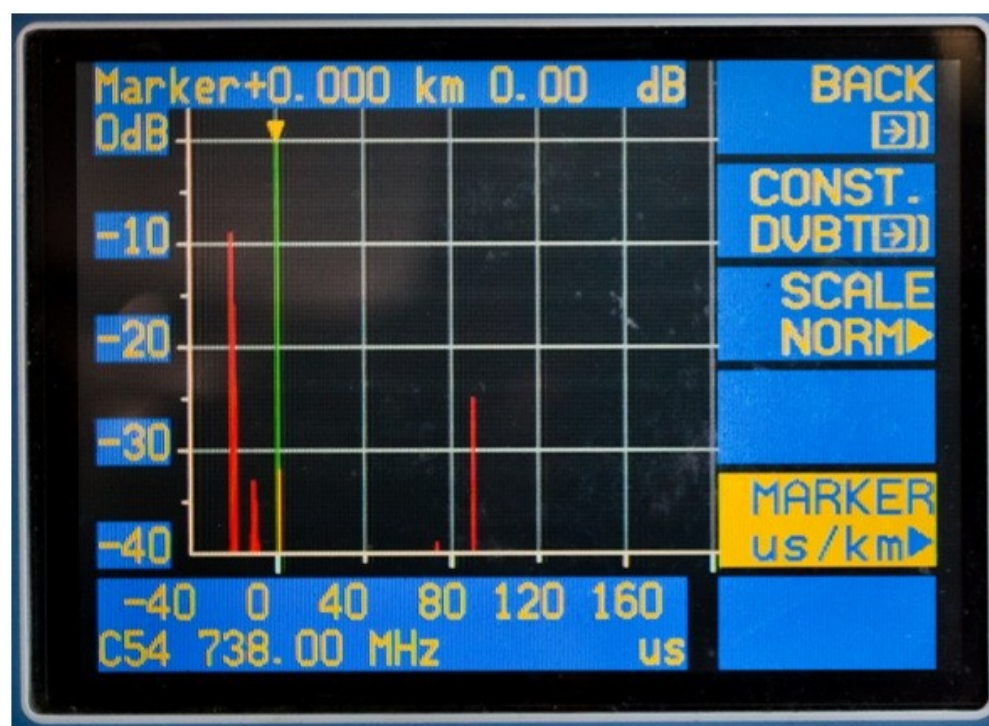
Obr. 42 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Hošťálkovice



Obr. 44 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Slezská



Obr. 45 - Impulzní odezva anténa (TAP 20)



Obr. 46 - Impulzní odezva anténa (Color Standard +)

Měření digitálních přijímačů DVB-T – Komenského sady

Tab. 3 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Anténa	DVB-T přijímač	MER [dB]	BER [-]	„Kvalita signálu“ [%]	Práh kostičkování STB[%]	Práh naladění [%]
LOGÁRO	Di-Box T30	41,3	5,1E-01	95	45	40
	Optex 8893HD	41,3	5,1E-01	90	50	46
	Shinelco DTD 210	41,3	5,1E-01	87	67	56
	Evolve DT-1205	41,3	5,1E-01	94	55	49
TAP TP7D	Di-Box T30	32	1e-06V	93	48	45
	Optex 8893HD	32	1e-06V	77	55	52
	Shinelco DTD 210	32	1e-06V	81	64	54
	Evolve DT-1205	32	1e-06V	92	71	66
TAP 20	Di-Box T30	35,3	1E-02 C	93	48	44
	Optex 8893HD	35,3	1E-02 C	84	62	50
	Shinelco DTD 210	35,3	1E-02 C	87	67	51
	Evolve DT-1205	35,3	1E-02 C	92	76	69
Color Standard +	Di-Box T30	42,4	4E-05	98	48	44
	Optex 8893HD	42,4	4E-05	88	62	55
	Shinelco DTD 210	42,4	4E-05	85	70	53
	Evolve DT-1205	42,4	4E-05	77	64	58

Vybrané místo 3- Petřvald

V posledním případě jsem prováděl testování lokality Petřvald, hned na první okamžik bylo zřejmé, že lokalita je nejkritičtější ze všech tří možných míst vybraných. Zvolené místo je rovněž vybráno tak, že orientace antény byla směřována směrem k hladnovskému vysílači, který je evidentně blíže, ovšem znovu byl opak pravdou.

Jak se přesně jednotlivé vysílače překrývají s měřeným místem, vidíme na obr. 46, na obr. 47 je jen dokreslení situace přímo na zvětšeném pohledu. Na dalším obr. 48 vidíme terénní profil od místa měření k vysílači Hladnov a na obr. 49 terénní profil k vysílači z Hošťálkovic. Na obr. 50 je vidět jasné pre-echo na anténě LOGARO, která vykazovala nejnižší možné hodnoty v dané lokalitě, jak je zjevné z tab. 4. Při použití této antény společně s přijímačem DIBOX T-30 signál byl stabilní a tím se opět projevila spolehlivost tohoto přístroje a jeho kvalitního zpracování tuneru. Nejhorším přístrojem se jevil přijímač EVOLVE DT1205, který nebyl schopen přijmout digitální

signál vůbec a dokonce nebyl schopen signál zachytit. Na obr. 51 je zobrazena odezva antény TAP TP7D, která rovněž svým malým ziskem a špatným provedením, vykazovala v místě lokality pre-echo a z tab. 4 patří mezi nejhorší DVB- přijímače Schninelco DTD210. Na obr. 52 je měřená anténa číslo tři, a to anténa TAP20, která v předešlých případech vykazovala silnou náchylnost vůči odrazům od terénních překážek. Měření s touto anténou dopadlo nejhůře u přijímače EVOLVE DT1205, který byl nesmírně nestabilní a v podstatě nebyl schopen korektně fungovat. Na posledním obr. 53 je poslední měření a jak je vidět z obrázku, vznikl znovu jev pre-echo, který při měřené anténě COLOR STANDARD + měl nejhorší výsledky vůbec. V rámci měření byl opět nestabilním přijímačem EVOLVE DT1205. Tento přístroj v celém měření měl nejhorší výsledky. Z toho vyplývá, že co nejlevnější digitální přijímač nemusí být vždy nejhorším, ale největší pravděpodobnost tomu nasvědčuje. [7]

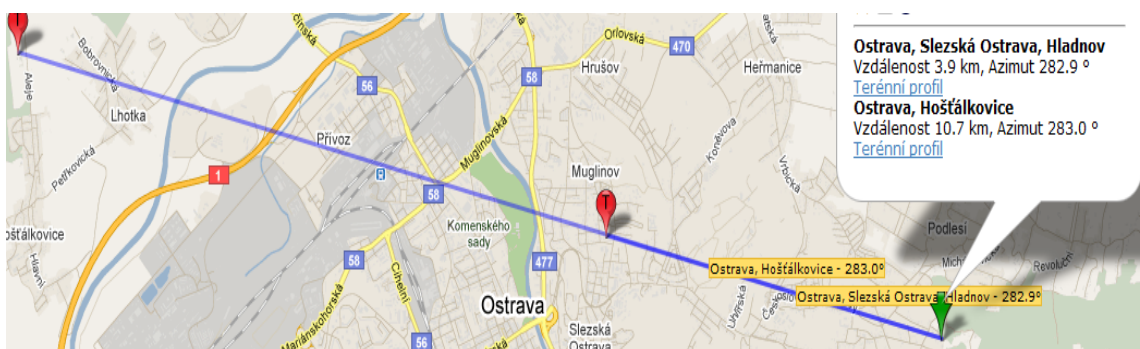
GPS souřadnice měřeného místa: délka 18°21'51'' šířka 49°50'19''
nadmořská výška 252 m

Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 3,9km Hladnov

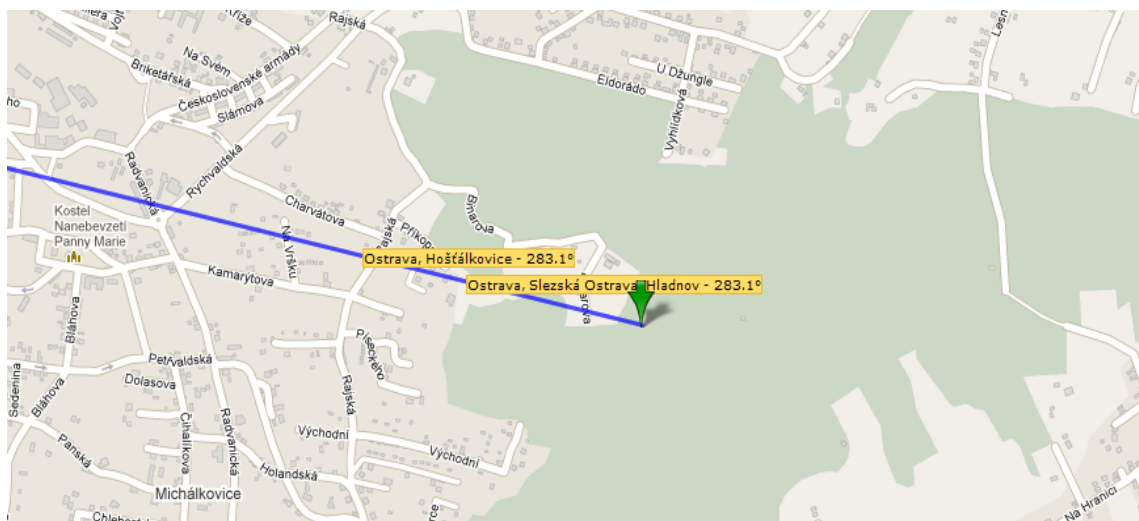
Vzdálenost mezi přijímacím místem a vysílačem 10,7km Hošťálkovice

GPS souřadnice Vysílače Hladnov: délka 18°18'19'' šířka 49°50'51''
nadmořská výška 266 m

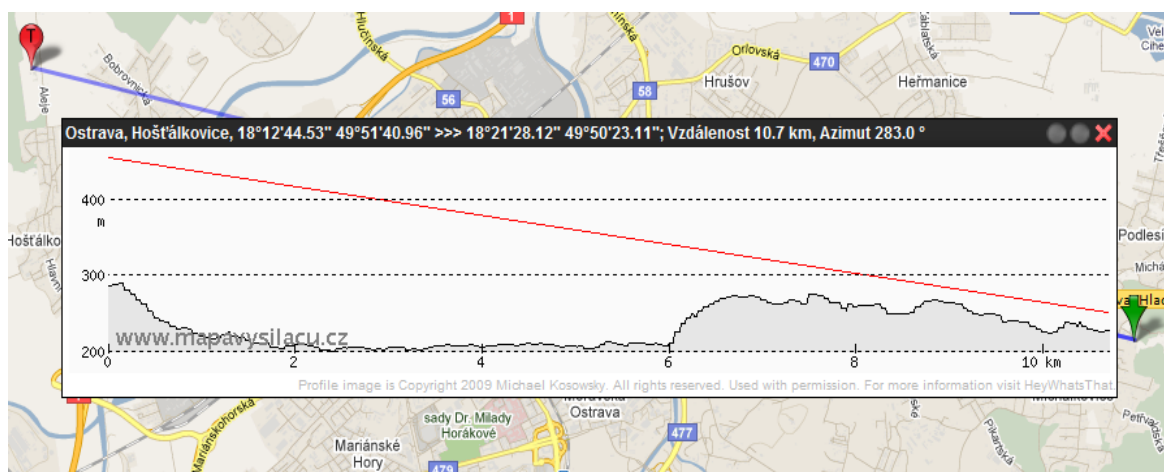
GPS souřadnice Vysílače Hošťálkovice: délka 18°12'45'' šířka 49°51'41''
nadmořská výška 287 m



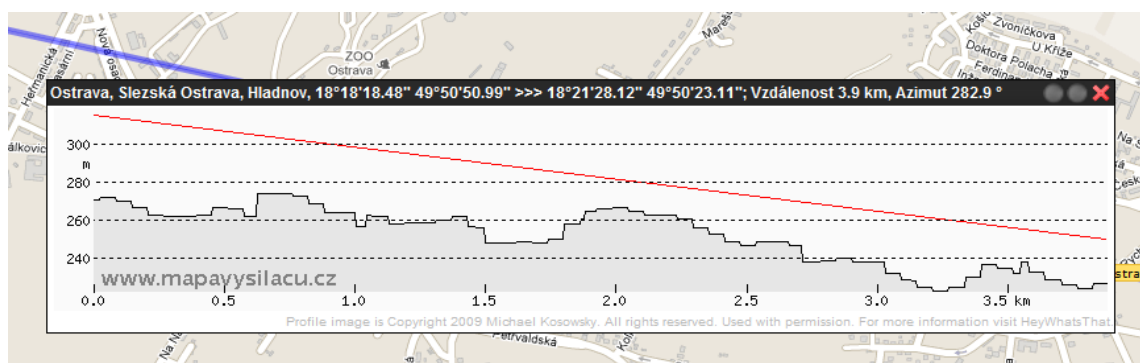
Obr. 47 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů



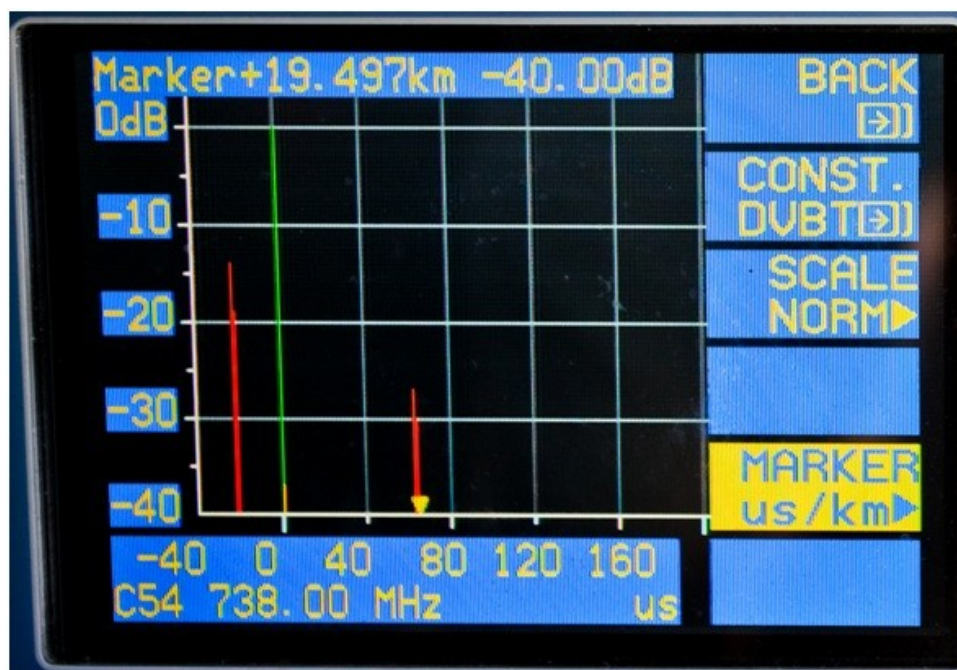
Obr. 48 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)



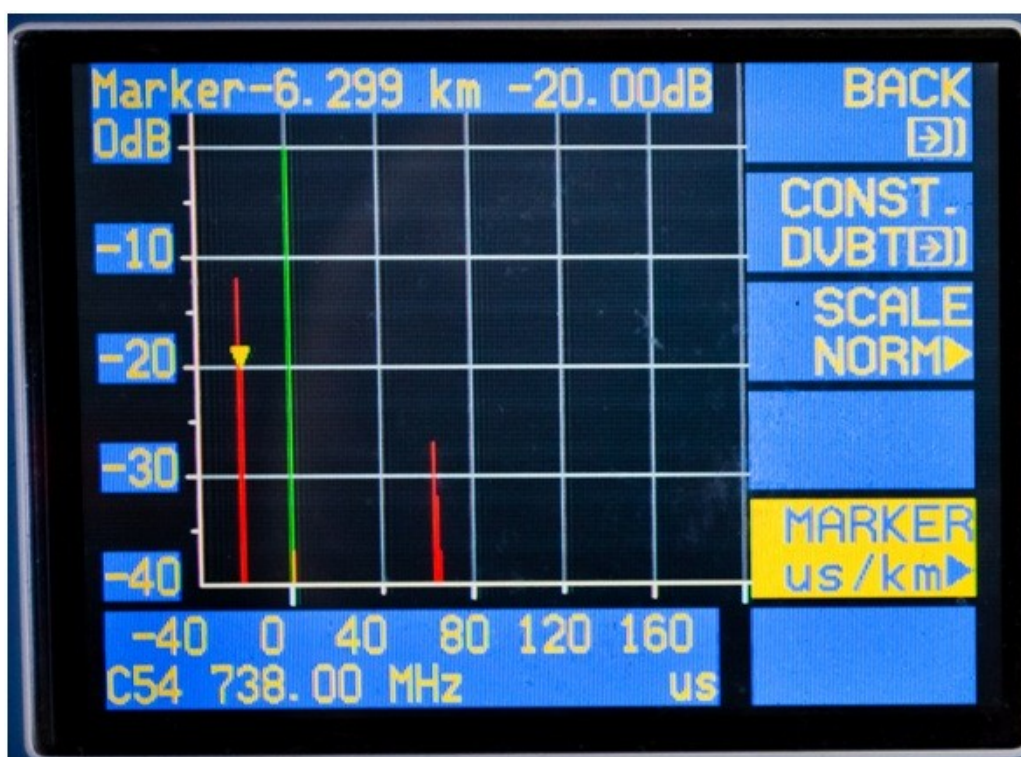
Obr. 49- Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Hošťálkovice



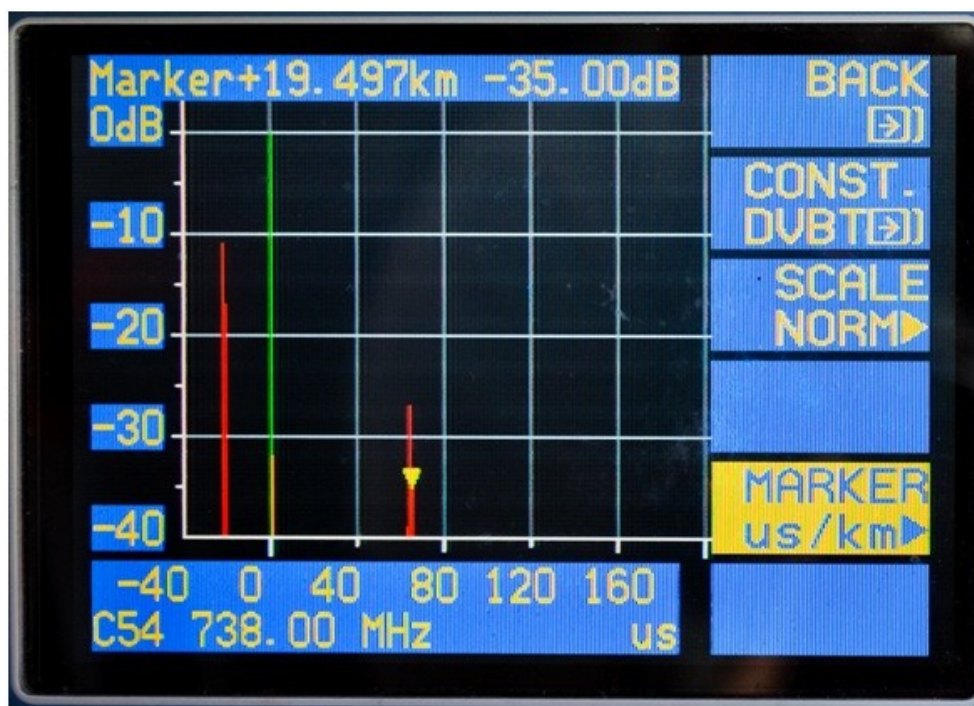
Obr. 50- Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Slezská



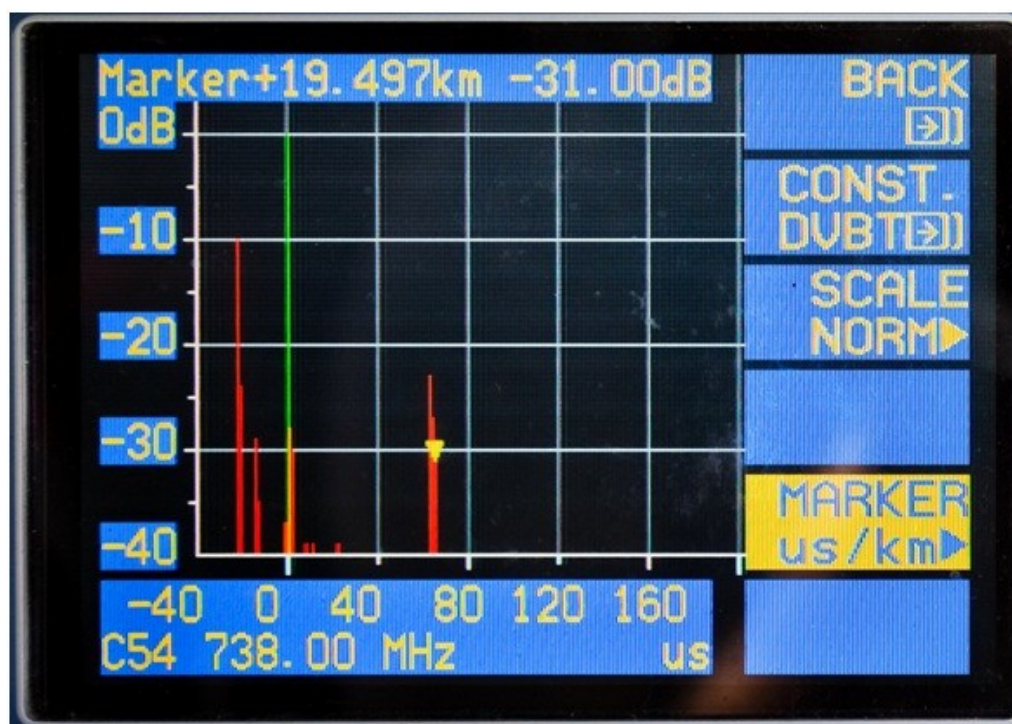
Obr. 49 - Impulzní odezva anténa (LOGARO)



Obr. 50 - Impulzní odezva anténa (TapTP7D)



Obr. 51 - Impulzní odezva anténa (Tap20)



Obr. 52 - Impulzní odezva anténa (Color Standard +)

Měření digitálních přijímačů DVB-T – Petřvald

Tab. 4 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Anténa	DVB-T přijímač	Mer [db]	Ber [-]	„Kvalita signálu ” [%]	Práh kostičkování STB	Práh naladění [%]
LOGÁRO	Di-Box T30	29	2E-07	92	57	41
	Optex 8893HD	29	2E-07	77	66	59
	Shinelco DTD 210	29	2E-07	65	59	58
	Evolve DT-1205	29	2E-07	87	74	58
Tap TP7D	Di-Box T30	27,6	7E-08	92	55	43
	Optex 8893HD	27,6	7E-08	71	66	63
	Shinelco DTD 210	27,6	7E-08	62	55	50
	Evolve DT-1205	27,6	7E-08	77	66	61
Tap 20	Di-Box T30	34	1E-07	99	57	41
	Optex 8893HD	34	1E-07	88	78	70
	Shinelco DTD 210	34	1E-07	71	68	54
	Evolve DT-1205	34	1E-07	88	78	63
Color Standard +	Di-Box T30	32,3	7E-05	94	58	44
	Optex 8893HD	32,3	7E-05	88	78	70
	Shinelco DTD 210	32,3	7E-05	68	63	55
	Evolve DT-1205	32,3	7E-05	86	78	70

4 Řešení a výběr vhodných aktivních a pasivních prvků při měření a odstranění „pre-cha“ při použitých UHF anténách v jednotlivých místech měření

Při naměřených hodnotách jsem při definování tří lokalit s potenciálním výskytem pre-cha evidentně počítal s výskytem pre-echa v lokalitě Komenského sady, ovšem největším místem s výskytem jevu pre-echa byl Petřvald. V rámci naměřených hodnot z tabulek dvě, tři a tabulky čtyři je evidentně nejhorším pozemním digitálním přijímačem EVOLVE DT1205 ,který sice výrobce uvádí jako spolehlivý digitální přijímač, ale opak je pravdou, přijímač nevyhovuje ani v lokalitách, kde se pre-echo nevyskytuje.

V lokalitě Dobroslavice je jedním z nejlepších stavebních prvků přijímač DIBOX T-30. K správné funkci digitálního přijímače patří také anténa, z našeho výběru v lokalitě Dobroslavice obstála anténa LOGARO, která oproti anténě TAP20 nevykazovala tak markantní odraz od terénních překážek.

V lokalitě Komenských sadů se podle předpokladů osvědčila opět výše zmiňovaná anténa LOGARO a samozřejmě DVB-T s přijímačem DIBOX-T 30. Pre-echo se projevilo při použití antény COLOR STANDARD +, která je pro tuto lokalitu naprosto nevhodná, ovšem nejenom tato anténa vykazovala nežádoucí jevy, ale i DVB-T přijímač Shinelco DTD210. Přijímač byl pro tuto lokalitu velice náchylný na odrazy a nebyl schopný kvalitně přijímat digitální signál.

Jedno z posledních měřících míst, které jsem absolvoval, bylo místo Petřvald, u kterého se překvapivě projevilo velice silné pre-echo, kde s použitím všech antén - pasivních prvků se tento jev projevil i s potlačením kanálových zádrží a propustí, dokonce byl použit i útlum pro celé UHF pásmo. Jako jediný přijímač z celého spektra použitých zařízení, jak pasivních či aktivních, se nejlépe osvědčil digitální pozemní přístroj DIBOX T-30, který byl bezkonkurenční, co se týká ovládacích možností i stabilitou signálu. Tento pozemní digitální přístroj patřil mezi nejlepší přístroje ve všech měřených lokalitách. Z pohledu uživatele, který je velice náročný ve vybírání přístrojů, je tento přijímač velice dobrým stavebním prvkem pro přesné a stabilní vysílání v domácnostech.

Závěr

V úvodních kapitolách jsem se věnoval popisu přenosu analogového televizního vysílání a jeho porovnání s vysíláním digitálním.

Praktická část mé diplomové práce probíhala tak, že během přípravných prací a výběru lokalit s potenciálním možným výskytem „pre-echa”, jsem se setkal s velkými problémy v rámci zapůjčení měřicího přístroje pro měření impulsní odezvy. Oslovil jsem pracovníky Českého telekomunikačního úřadu. Na samotné schůzce byl přítomen technik a byl jsem velmi překvapen, že byli ochotni se mnou jako studentem spolupracovat a navrhli mi termín měření.

Před samotným měřením s techniky Českého telekomunikačního úřadu jsem samostatně provedl měření, kde jsem vyzkoušel jednotlivé digitální přijímače a stabilitu signálu v uvedených lokalitách. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách 2, 3, 4.

Při měření ve vybraných lokalitách došlo k tomu, že jsem byl nucen z důvodu nepřístupnosti terénu odchýlit se cca 300 m od požadované polohy. Následovalo měření s Českým telekomunikačním úřadem, na jednotlivá stanoviště jsme se dopravili s jejich měřicím vozem, který byl vybaven patřičnými měřicími přístroji a stožárem. Vybrané antény jsme proměřili. Při měření antén jsem konzultoval výsledky měření s techniky Českého telekomunikačního úřadu. Závěry měření jsou podrobně zhodnoceny v kapitole 3.2, čímž byl splněn jeden z hlavních úkolů mé diplomové práce. V příloze je k dispozici fotodokumentace, kde je možno vidět průběh měření a jednotlivé lokality. Na základě naměřených hodnot při výskytu „pre-echa”, doporučuji zvolit anténu LOGARO, která pro svůj širší záběr kruhového diagramu tento jev částečně eliminuje. Nejvhodnější přijímač z hlediska citlivosti signálu na „pre-echo” je DIBOX T-30, který jako jediný z vybraných digitálních přijímačů hodnot splňuje kvalitní příjem digitálního signálu. Veškeré výsledky byly naměřeny v měsíci dubnu roku 2011 a jsou platné k tomuto datu.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Prokládané řádkování s pulsnímkovým zpětným během.....	5
Obr. 2 - Přenos barevného obrazu po vedení na barevný a černobílý	7
Obr. 3 - Frekvenční spektrum postranního pásma amplitudově modulovaného signálu a umístění barvonosné frekvence do mezer základního spektra při podmínce f_b	9
Obr. 4 - Podrobné znázornění spekter kolem frekvencí $(fh)_n$ a $(fh)_{n+1}$ od jasového signálu	9
Obr. 5 - Skupina snímků.....	14
Obr. 6 - Bloková schéma MPEG – 2 Kodéru.	16
Obr. 7 - Bloková schéma QAM modulace.....	18
Obr. 8 - QPSK stavové uspořádání	19
Obr. 9 16-QAM stavové uspořádání.....	20
Obr. 10 - Porovnání analogové a digitální TV – z hlediska chování při poklesu kvality signálu	22
Obr. 11 - Přesná doba ochranného intervalu	23
Obr. 12 - Porušení ochranného intervalu	24
Obr. 13 - Jednofrekvenční síť SFN	25
Obr. 14 - Měření „PRE-ECHA“	27
Obr. 15 - Mux 1-Ostrava Hošťálkovice 54	28
Obr. 16 - Mux 1 - Ostrava Slezská 54.....	29
Obr. 17 - Mux 2-Ostrava Slezská39.....	30
Obr. 18 - Mux 3 - Ostrava Slezská 32.....	31
Obr. 19 - Mux 4-Ostrava Máj 63.....	32
Obr. 20 - Přehled a rozložení vysílačů v Moravskoslezském kraji.....	33
Obr. 21 - Poloha vysílače Hošťálkovic	35
Obr. 22 - Poloha vysílače Hladnov	35
Obr. 23 - Poloha vysílače Hladnov	36
Obr. 24 - Poloha vysílače Ostrava - Máj.....	36
Obr. 25 - Logaritmicko-periodická anténa	38
Obr. 26 - Anténa Tap 12	39
Obr. 27 - Anténa Tap 20	40
Obr. 28 - Anténa Color Standard +	41
Obr. 29 - Dibox-T30	41
Obr. 30 - Optex Starcom 8893HD	42
Obr. 31 - Schninelco DTD210.....	42
Obr. 32 - Evolve DT 1205	43
Obr. 33 - Rohde Schwarz EFL 100.....	43
Obr. 34 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů	45
Obr. 35 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)	45
Obr. 38 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Hladnov(anténa TAP20)	46
Obr. 36 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Hošťálkovice	46
Obr. 37 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Slezská	46
Obr. 39 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Lysá hora (anténa TAP20) ...	47
Obr. 40 - Impulzní odezva a zakreslení vzdálenosti vysílače Hladnov (anténa LOGARO).47	
Obr. 41 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů	49

<i>Obr. 43 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Hošťálkovice</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 42 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 44 - Terénní profil od měřeného místa k vysílači Ostrava Slezská</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 45 - Impulzní odezva anténa (TAP 20)</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 46 - Impulzní odezva anténa (Color Standard +)</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 47 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 48 - Vybraná lokalita při zákrytu vysílačů (zvětšený pohled)</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 51 - Impulzní odezva anténa (LOGARO)</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 52 - Impulzní odezva anténa (TapTP7D)</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 53 - Impulzní odezva anténa (Tap20)</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 54 - Impulzní odezva anténa (Color Standard +)</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 55 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 56 - Dobroslavice D-Box T30</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 57 - Dobroslavice zápis hodnot do tabulky</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 58 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 59 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 60 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 61 - Dobroslavice anténa COLO STANDARD +</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 62 - Dobroslavice Anténa TP20</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 63 - Dobroslavice anténa LOGÁRO.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 64 - Komenského sady zapisování hodnot do tabulky</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 65 - Komenského sady anténa LOGÁRO.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 66 - Komenského sady anténa LOGÁRO.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 67 - Komenského sady anténa COLOR STANDARD +.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 68 - Komenského sady anténa TAP TP7D</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 69 - Komenského sady (ČTÚ) anténa LOGÁRO.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 70 - Komenského sady (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 71 - Komenského sady (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 72 - Komenského sady (ČTÚ) anténa TAP TP7D</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 73 - Komenského sady (ČTÚ) anténa TAP TP7D</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 74 - Petřvald (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 75 - Petřvald (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 76 - Petřvald (ČTÚ) anténa TAP TP7D.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 77 - Petřvald (ČTÚ) anténa LOGÁRO</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 78 - Petřvald (ČTÚ) anténa TAP20.....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 79 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 80 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +.....</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 81 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa TAP TP7D</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 82 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa LOGÁRO.....</i>	<i>87</i>
<i>Obr. 83 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa TAP20</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 84 - Vysílač Hošťálkovice</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 85 - Vysílač Hladnov.....</i>	<i>90</i>

Tab. 1 - Přehled pozic a výkonů vysílačů

Tab. 2 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Tab. 3 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Tab. 4 - Přehled schopností digitálních přijímačů v praxi

Seznam použité literatury

- [1] LEGÍŇ, Martin. Televizní Technika DVB-T. 1. vydání .Praha : BEN, 2006.287 s. ISBN 978-80-7300-204-3
- [2] VÍT, Vladimír. Televizní Technika. Praha : BEN, 1997.719 s. ISBN 80-86056-04-X
- [3] Digitální technika [online]. 2011, 2011-25-02 [cit. 2011-25-02]. Dostupné z WWW.
<<http://ea-rtu.tuke.sk/archiv/Pristupny/tt/Digit%E1lna%20telv%EDzia%20final.doc>>.
- [4] Katedra informatiky a výpočetní techniky [online]. 2011, 2011-23-02 [cit. 2011-23-02].
Dostupné z WWW.
<[http:// www.kiv.zcu.cz](http://www.kiv.zcu.cz)>.
- [5] Televizní antény Vaten výroba a prodej [online]. 2011, 2011-23-02 [cit. 2011-23-02]. Dostupné z WWW.
<[http:// www.televiznianteny.com](http://www.televiznianteny.com)>.
- [6] Specializovaná prodejna pro satelitní a anténní techniku. [online]. 2011, 2011-21-02 [cit. 2011-21-02]. Dostupné z WWW.
<[http:// www.atoselektro.cz](http://www.atoselektro.cz)>.
- [7] Mapy digitálně [online]. 2011, 2011-25-02 [cit. 2011-25-02]. Dostupné z WWW.
<[http:// www.mapydigitalne.cz](http://www.mapydigitalne.cz)>.

Přílohy



Obr. 53 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D



Obr. 54 - Dobroslavice D-Box T30



Obr. 55 - Dobroslavice zápis hodnot do tabulky



Obr. 56 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D



Obr. 57 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D



Obr. 58 - Dobroslavice Anténa TAP TP7D



Obr. 59 - Dobroslavice anténa COLO STANDARD +



Obr. 60 - Dobroslavice Anténa TP20



Obr. 61 - Dobroslavice anténa LOGÁRO



Obr. 62 - Komenského sady zapisování hodnot do tabulky



Obr. 63 - Komenského sady anténa LOGÁRO



Obr. 64 - Komenského sady anténa LOGÁRO



Obr. 65 - Komenského sady anténa COLOR STANDARD +



Obr. 66 - Komenského sady anténa TAP TP7D



Obr. 67 - Komenského sady (ČTÚ) anténa LOGÁRO



Obr. 68 - Komenského sady (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



Obr. 69 - Komenského sady (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



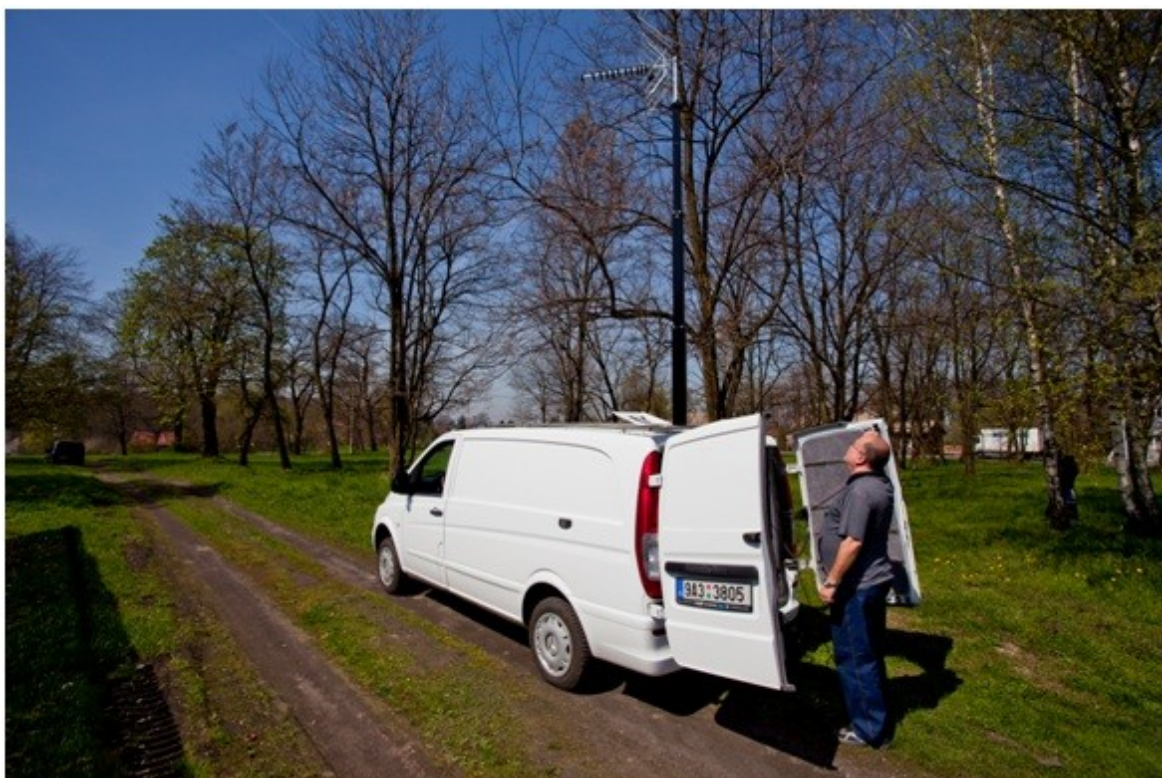
Obr. 70 - Komenského sady (ČTÚ) anténa TAP TP7D



Obr. 71 - Komenského sady (ČTÚ) anténa TAP TP7D



Obr. 72 - Petřvald (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



Obr. 73 - Petřvald (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



Obr. 74 - Petřvald (ČTÚ) anténa TAP TP7D



Obr. 75 - Petřvald (ČTÚ) anténa LOGÁRO



Obr. 76 - Petřvald (ČTÚ) anténa TAP20



Obr. 77 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



Obr. 78 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa COLOR STANDARD +



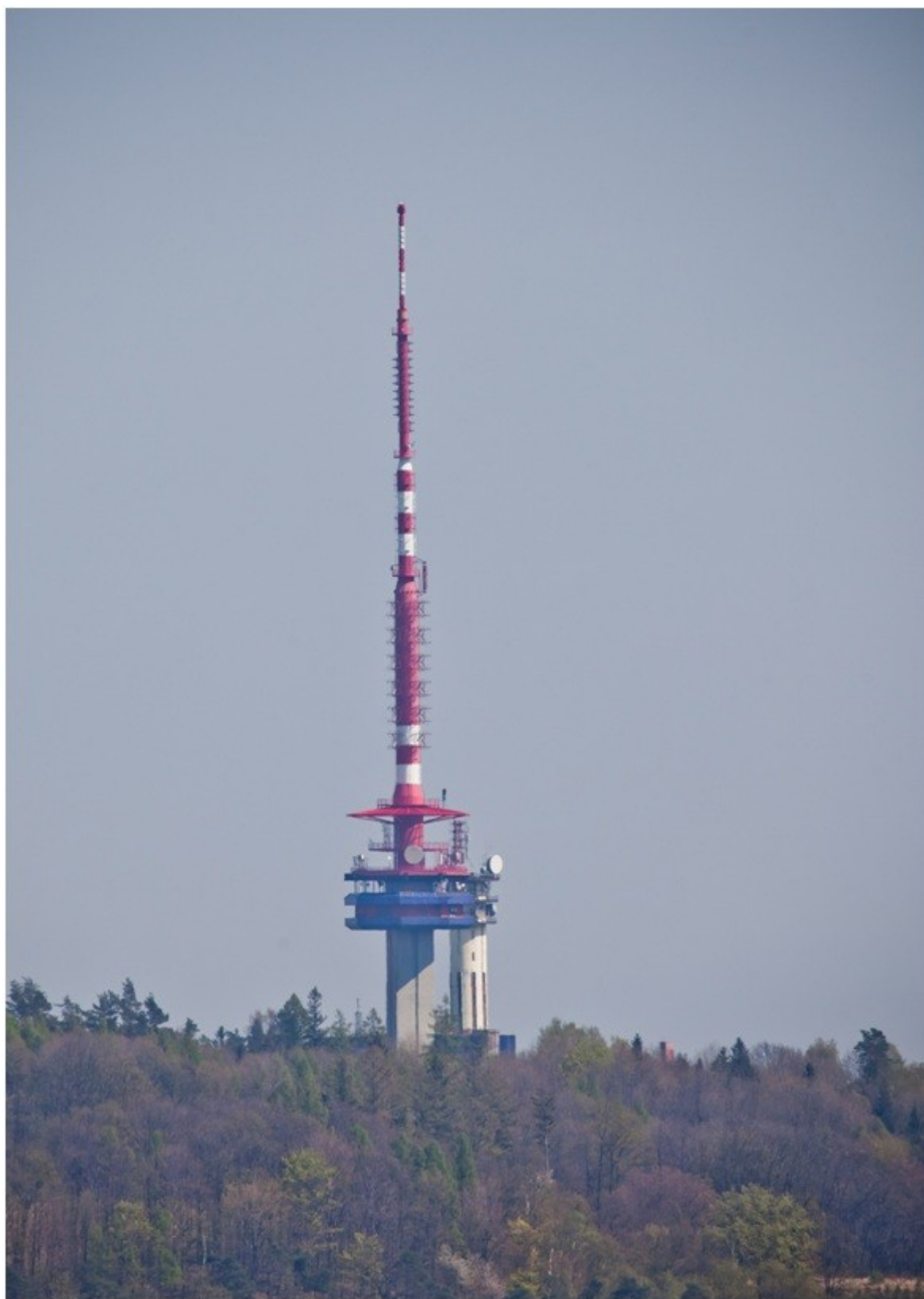
Obr. 79 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa TAP TP7D



Obr. 80 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa LOGÁRO



Obr. 81 - Dobroslavice (ČTÚ) anténa TAP20



Obr. 82 - Vysílač Hošťálkovice



Obr. 83 - Vysílač Hladnov